

OPINNÄYTETYÖ

SAARA PATRONEN 2011

**ETRS89-JÄRJESTELMÄN
KÄYTTÖÖNOTTO SUOMESSA**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences

MAANMITTAUSTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIikka JA LIIKENNE

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

ETRS89-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO SUOMESSA

Saara Patronen

2011

Toimeksiantaja Rovaniemen ammattikorkeakoulu

Ohjaaja TkL Pasi Laurila

Hyväksytty _____ 2011 _____

| | | | |
|----------------------------|---|--------------|------|
| Tekijä | Saara Patronen | Vuosi | 2011 |
| Toimeksiantaja | Rovaniemen ammattikorkeakoulu | | |
| Työn nimi | ETRS89-järjestelmän käyttöönotto Suomessa | | |
| Sivu- ja liitemäärä | 41 | | |

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on yleisellä tasolla käsitellä ETRS89-koordinaattijärjestelmän käyttöönottoa Suomessa. Työssä esitellään aiheeseen liittyvät perustiedot, ohjeistukset ja lainsäädäntö, siirtymisen vaiheet ja esimerkkitapauksia. Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksen keinoin.

Suomessa ollaan ottamassa käyttöön Euroopan laajuinen ETRS89-koordinaattijärjestelmän kansallinen realisaatio EUREF-FIN ja sen kanssa käytettävät tasokoordinaatistot ETRS-TM35FIN ja ETRS-GKn. Siirtyminen uuteen koordinaattijärjestelmään on vaativa prosessi, joka voidaan jakaa viiteen vaiheeseen: selvitystyö, suunnitteleminen, mittaaminen, laskenta ja käyttöönotto. Perusteet prosessille ja toteutuksen ohjaaminen on Suomessa säädetty laissa, julkisen hallinnon suosituksissa, Suomen Geodeettisen laitoksen tiedotteissa ja kaavoitusmittausohjeessa.

Avainsanat: ETRS89, EUREF-FIN

| | | | |
|--------------------------|--|-------------|------|
| Author | Saara Patronen | Year | 2011 |
| Commissioned by | Rovaniemi University of Applied Sciences | | |
| Subject of thesis | Introduction of ETRS89 System in Finland | | |
| Number of pages | 41 | | |

The aim of this study was to discuss the ETRS89 system in Finland at a general level. Thesis presents the related basic information, guidelines and legislation, steps in the transformation process and case studies. This research was carried out as a literature review.

Finland is introducing the European-wide ETRS89 system and its national format EUREF-FIN with plane coordinate systems ETRS-TM35FIN and ETRS-GKn. The transformation process is demanding and it can be divided into five stages: clearing phase, measuring, calculation and implementation. In Finland the process criteria and practical implementation guidance has been determined by the law, the government recommendations, the Finnish Geodetic Institute bulletins and the zoning measuring guide.

Key words: ETRS89, EUREF-FIN

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 TEORIATAUSTA..... | 3 |
| 2.2 Koordinaatit..... | 3 |
| 2.3 Koordinaattijärjestelmä | 3 |
| 2.4 Koordinaatisto | 4 |
| 2.4.1 Yleistä koordinaatistoista..... | 4 |
| 2.4.2 Maantieteellinen koordinaatisto | 6 |
| 2.4.3 Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto | 6 |
| 2.4.4 Tasokoordinaatisto | 7 |
| 2.5 Valtakunnalliset tasokoordinaatistot Suomessa | 8 |
| 2.5.1 Vanha Valtion Järjestelmä..... | 8 |
| 2.5.2 Kartastokoordinaattijärjestelmä | 9 |
| 2.5.3 ETRS-TM35FIN ja ETRS-GKn..... | 9 |
| 2.6 Koordinaattien muuntaminen | 10 |
| 2.6.1 Koordinaattikonversiot..... | 10 |
| 2.6.2 Koordinaattimuunnokset..... | 11 |
| 2.6.3 Helmert-muunnos..... | 12 |
| 2.6.4 Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos | 12 |
| 2.6.5 Affiininen muunnos tasolla | 13 |
| 2.6.6 Affiininen muunnos kolmioittain..... | 13 |
| 3 EUREF-FIN..... | 15 |
| 3.1 EUREF89..... | 15 |
| 3.2 GPS-Suomi 1992 | 15 |
| 3.3 FinnRef®..... | 15 |
| 3.4 EUREF-FIN-pisteet | 16 |
| 3.5 Ohjeistukset ja lainsäädäntö | 18 |
| 3.5.1 INSPIRE-direktiivi ja kansallinen paikkatietostrategia | 18 |
| 3.5.2 Julkisen hallinnon suositukset | 19 |
| 3.5.3 Geodeettisen laitoksen tiedotteet | 21 |
| 3.5.4 Kaavoitusmittausohjeet | 21 |
| 3.5.5 Muita | 22 |
| 4 SIIRTYMISEN VAIHEET | 23 |
| 4.1 Selvitystyö..... | 23 |
| 4.2 Suunnitteleminen..... | 24 |
| 4.3 Mittaaminen..... | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4 Laskenta | 28 |
| 4.4.1 Vektoreiden jälkilaskenta..... | 28 |
| 4.4.2 Vapaa verkko | 29 |
| 4.4.3 Kytetty verkko | 29 |
| 4.4.4 Karttaprojektion valinta..... | 30 |
| 4.4.5 Muunnosparametrit | 30 |
| 4.4.6 Testaus | 32 |
| 4.5 Käyttöönotto | 33 |
| 5 ESIMERKKEJÄ SIIRTYMISPROJEKTEISTA..... | 35 |
| 5.1 Maanmittauslaitos | 35 |
| 5.2 Lahti | 36 |
| 5.3 Turku..... | 37 |
| 6 POHDINTA..... | 40 |
| LÄHTEET | 42 |

KÄSITTEET JA LYHENTEET

ETRS89. European Terrestrial Reference System 1989. Epookkina 1989.0 ITRS-järjestelmään yhtyvä, Euraasian mannerlaatan yhtenäiseen osaan kiinnitetty kolmiulotteinen koordinaattijärjestelmä.

ETRS-GKn. EUREF-FIN-koordinaatistoon liittyvä, GK-projektioon perustuva tasokoordinaatisto, jossa käytetään tarkoituksenmukaista projektiokaistan leveyttä ja alueelle parhaiten soveltuvaa keskimeridiaanin tasa-astetta.

ETRS-TM35-FIN. EUREF-FIN-koordinaatistoon liittyvä, UTM-projektioon perustuva tasokoordinaatisto, joka kattaa koko Suomen.

EUREF-FIN. ETRS89-järjestelmän kansallinen realisaatio Suomessa.

GK. Gauss-Krüger. Poikittainen, sivuava lieriöprojektiio.

GNSS. Global Navigation Satellite System. Eri maiden ylläpitämien satelliittipaikannusjärjestelmien muodostama kokonaisuus.

GPS. Global Positioning System. Amerikkalainen satelliittipaikannusjärjestelmä.

ITRS. International Terrestrial Reference System. Maailmanlaajuinen, kolmiulotteinen koordinaattijärjestelmä.

Karttaprojektiio. Menetelmä, jonka avulla maapallon kolmiulotteinen pinta kuvataan kaksiulotteiselle tasolle.

Koordinaatisto. Koordinaattiakselien muodostama mitta-akselisto, käytetään myös tarkoittaessa koordinaattijärjestelmän realisaatiota.

Koordinaattijärjestelmä. Joukko suureita, jotka määrittelevät koordinaatiston sekä sen sijoittamisen ja orientoimisen.

Koordinaattikonversio. Kahden samaan datumiin perustuvan koordinaatiston välillä tapahtuva koordinaattien muuntaminen.

Koordinaattimuunnos. Kahden eri datumiin perustuvan koordinaatiston välillä tapahtuva koordinaattien muuntaminen.

ppm. Miljoonasosa (parts per million).

UTM. Universal Transverse Mercator. Poikittainen, leikkaava lieriöprojektio, jossa kaistat 6° leveitä.

3D. Kolmiulotteinen.

2D. Kaksiulotteinen.

1 JOHDANTO

Euroopan Unioni on jäsenvaltioidensa muodostama taloudellinen ja poliittinen liitto, joka pyrkii kokoamaan itsenäisten jäsenvaltioidensa voimavarat ja käyttämään niitä kaikkien hyödyksi. Yhteinen toiminta EU:n alueella saa aikaan monia toimintoja, jotka koskevat laajoja alueita ylittäen valtioiden rajat. Tämän seurauksena tarvitaan yhtenäistä, paikkaan sidottua tietoa, joka on tasapuolisesti kaikkien saatavilla. Euroopan parlamentti ja neuvosto on antanut asiaa koskevan, Euroopan alueen paikkatietojen yhtenäistämistä tehostavan INSPIRE-direktiivin. Myös Suomi on kansallisella lainsäädännöllä ryhtynyt saattamaan direktiiviä voimaan: Suomessa on säädetty Maa- ja metsätalousministeriön ohjaama ja valvoma laki ja asetus paikkatietoinfrastruktuurista vuonna 2009.

Laaja paikkatietoyhteistyö vaatii onnistuakseen Euroopan alueen yhteisen koordinaattijärjestelmän: ETRS89-järjestelmän, jonka kansallinen realisaatio Suomessa on EUREF-FIN. ETRS89-järjestelmän käyttämiselle on olemassa myös muita perusteluita. GPS-paikannus tapahtuu WGS84-järjestelmässä, joka on yhtenevä maailmanlaajuisen ITRF-koordinaatiston kanssa. ETRS89-järjestelmään perustuvat koordinaatistot ovat yhteensopivia ITRF:n kautta myös WGS84:n kanssa. Suomen KKJ-järjestelmän havaittiin olevan GPS-mittausten koordinaatistoon verrattuna vääristynyt, joten uuden koordinaattijärjestelmän käyttöönotto on myös sen kannalta järkevää.

Maanmittauslaitos ja Geodeettinen laitos suorittivat ETRS89-järjestelmän kansallisen realisaation, EUREF-FIN-koordinaatiston pisteistön mittaukset. Pisteistön tihentäminen jatkuu edelleen. Suomen kunnissa on yhä käytössä sekalainen lajitelma kuntien omia erilliskoordinaatistoja. Tämä vaikeuttaa paikkatiedon hyödyntämistä ja vaihdantaa alueellisesti. Maanmittauslaitos toimii monissa kunnissa yhteistyökumppanina aineistojen vaihdossa. Maanmittauslaitoksella siirryttiin 2010 käyttämään uutta valtakunnallista koordinaattijärjestelmää ja KKJ:tä tuetaan kuntatietojen siirrossa ja aineistopalveluissa enää vuoden 2012 loppuun saakka. Julkisen tietohallinnon neuvottelukunta on antanut Suomessa säädöksiä ETRS89-järjestelmään liittyen. Näiden suositusten mukaan Suomessa valtakun-

nallisissa töissä voidaan käyttää tasokoordinaatistona ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa, mutta paikallisissa ja suurempaa tarkkuutta vaativissa töissä tulisi käyttää ETRS-GKn-koordinaatistoja.

Muunnosprosessi kunnan omasta erilliskoordinaatistosta uuteen on mittava ja vaatii resursseja. Muunnoksien suorittamisen eri vaiheista on olemassa joitakin kirjallisia raportteja. Nämä ovat pääasiassa erilaisia insinööri- ja diplomitöitä. Muunnosprojektin suorittamisesta kokonaisuudessaan on vähän tietoa, joten asiasta informaatiota hakevan on perehdyttävä sekalaiseen lajitelmaan erilaisia yksittäistapauksia, säädöksiä ja ohjeita. Omassa opinnäytetyössäni pyrin kirjallisuustutkimuksen avulla muodostamaan yleisellä tasolla kuvan muunnoksen suorittamisesta. Vaikka suurimmassa osassa tapauksia on käsitelty samalla myös uuteen korkeusjärjestelmään vaihtaminen, rajasin kyseisen asian pois omasta työstäni. Perustelen tätä sillä, että aihe oli jo tässä muodossaankin tarpeeksi laaja ja korkeusjärjestelmän muunnos suoritetaan yleensä joka tapauksessa erikseen, kuin tasomuunnos. Se lienee myös tasomuunnoksen suorittamista yksinkertaisempi toimitus.

2 TEORIATAUSTA

2.2 Koordinaatit

Koordinaatit ovat lukuarvoja, jotka kertovat pisteen sijainnin koordinaatistossa (Sanastokeskus TSK Ry 2005, 13). Maanmittauksessa koordinaatit ovat perustava keino ilmoittaa kohteiden sijainti maastossa. Niiden avulla paikannetaan ja tallennetaan sijaintitietoa, joka voidaan esittää kartoilla ja näyttöpäätteillä erilaisissa mittakaavoissa. Koordinaatteja ilmoitettaessa lukuarvoja on saman verran, kuin kulloinkin käytettävässä koordinaatistossa on akseleita. Koordinaatit voivat olla geodeettisia koordinaatteja (φ , λ , h), avaruuskoordinaatteja (X , Y , Z) tai tasokoordinaatteja (x , y tai N , E). (JHS 153, 3.)

Termi epookki liittyy koordinaattitietoihin. Se kertoo niiden ajanmukaisuudesta ja tarkkuudesta. Mannerlaattojen liike ja maannousu muuttaa koordinaatteja ja korkeustietoja koko ajan, joten koordinaatteihin voidaan liittää se hetki, jolloin ne ovat sidottu koordinaatistoon, koordinaatisto sidottu suhteessa maapallon keskipisteeseen tai korkeusjärjestelmän nollataso määritetty suhteessa merenpinnan keskikorkeuteen. (JHS 154, 2.)

2.3 Koordinaattijärjestelmä

Koordinaattijärjestelmä on koordinaatiston ja datumin muodostama vertailujärjestelmä, jonka avulla kohteiden sijainti voidaan ilmoittaa yksikäsitteisesti (Sanastokeskus TSK Ry 2005, 14). Se on joukko suureita, jotka määrittelevät, sijoittavat ja orientoivat koordinaatiston. Tällaisia suureita ovat vertausellipsoidin isoakselin puolikas (a), Maan geosentrinen voimavakio (GM), dynaaminen muotokerroin (J_2), pyörähdysliikkeen kulmanopeus (ω), origon sijainti ja koordinaattiakselien orientointi (JHS 153, 4). Esimerkiksi GRS80- järjestelmä (Geodetic Reference System 1980), johon pohjautuu muun muassa ETRS89-järjestelmä, määritellään seuraavasti: $a=6378137\text{m}$, $GM=3986005 \times 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2}$, $J_2=108263 \times 10^{-8}$ ja $\omega=7292115 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$ (JHS 154, 4).

WGS84:

WGS84, eli World Geodetic System 1984, on kolmiulotteinen, ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaattijärjestelmä. WGS84 ja sen realisaatio on määritelty Yhdysvaltain armeijan karttaviraston DMA:n (Defence Mapping Agency) julkaisussa DMA 1987 (Ollikainen ym. 2001, 9-10). Järjestelmän on kehittänyt Yhdysvaltain puolustusministeriö (DoD, Department of Defence) (Häkli ym. 2009, 19).

GPS-satelliitit lähettävät ratatietonsa WGS84-järjestelmässä (Ollikainen ym. 2001, 10). Näin ollen GPS-paikannuksessa on käytettävä järjestelmän kanssa yhteensopivia koordinaatistoja. WGS84:n määritelmässä sanotaan, että se on yhtenevä ITRF-koordinaatistoon (The International Terrestrial Reference Frame) perustuvien kansallisten tai alueellisten koordinaatistojen kanssa. ITRF on IERS:n (International Earth Rotation and Reference Systems Service) ylläpitämä maailmanlaajuinen, kolmiulotteinen suorakulmainen koordinaattijärjestelmä, joka muuttuu koko ajan mannerlaattojen liikkeiden aikaansaamien muutosten takia. Esimerkiksi ETRS89-järjestelmään perustuvat koordinaatistot ovat ITRF:n kanssa yhteensopivia. (Häkli ym. 2009, 20-21.)

2.4 Koordinaatisto

2.4.1 Yleistä koordinaatistoista

Koordinaatisto on koordinaattiakseleiden muodostamaa mitta-akselisto, joka voi olla kaksi- tai kolmiulotteinen, eli se voi sisältää tasokoordinaattien lisäksi korkeustiedon (JHS 153, 5-6). Maanmittauksessa käytetään kolmenlaisia eri koordinaatistoja; kaksiulotteisia koordinaatistoja ovat maantieteelliset-, sekä kartoista tutut, suorakulmaiset tasokoordinaatistot. Lisäksi GNSS-mittauksessa käytetään kolmiulotteisia, ellipsoidikeskisiä suorakulmaisia koordinaatistoja. (Laurila 2008, 127.)

Datumilla tarkoitetaan parametreja, jotka kiinnittävät koordinaatiston maan pintaan; paikallinen datumi määrittelee paikallisen koordinaatiston origon ja orientaation, horisontaalinen datumi vertauspinnan ja koordinaatiston nollatasot horisontaalisten koordinaattien ilmaisemista varten ja korkeus-

datumi korkeusjärjestelmän nollatason. Geodeettinen datumi on vertailujärjestelmä, joka määrittelee koordinaattijärjestelmän lähtöpisteen paikan vertausellipsoidin keskipisteen suhteen. (JHS 153, 3.)

Geodeettinen datumi pannaan toimeen runkomittausten avulla. Maastoon rakennetaan kiinteitä pisteitä, joille mitataan koordinaatit datumin lähtöpisteestä alkaen. Näille järjestelmän maahan kiinnittäville kiintopisteille määritetään koordinaatit järjestelmän mukaisessa koordinaatistossa. (Laurila 2008, 142.) Kiintopisteet voivat olla taso-, korkeus- tai yhdistettyjä taso- ja korkeuskiintopisteitä (Maanmittauslaitos 2003, 8). Ensimmäiseksi mitatut pisteet ovat ensimmäisen luokan kiintopisteitä, jotka määrittävät koko koordinaatiston. Ensimmäisen luokan kiintopisteistä muodostuvaa koordinaattiverkkoa kutsutaan koordinaattijärjestelmän realisaatioksi. (Häkli – Puupponen – Koivula – Poutanen 2009, 7.) Runkopisteverkko rajoittuu kunnissa asemakaava-alueelle, sillä kyseisillä alueilla tapahtuvien mittausten tulee olla erityisen tarkkoja verrattuna haja-asutukseen.

Suomen runkopisteet luokitellaan vuonna 2003 tehdyssä Kaavoitusmittausohjeessa valtakunnallisiin kiintopisteisiin, peruskiintopisteisiin ja käyttöpisteisiin. Luokittelu on tehty mittausten suhteellisen tarkkuuden perusteella. Tarkkuusvaatimukset sekä mittaamisen ja laskennan menetelmät esitetään Kaavoitusmittausohjeessa. Valtakunnallisia kiintopisteitä ovat I-, II- ja III-luokan kolmiopisteet (KKJ) sekä EUREF-FIN-tihennyspisteet. Kuntien kiintopisteitä ovat perus- ja käyttökiintopisteet, joista peruskiintopisteitä ovat III-luokan kolmiopisteet ja IV-luokan suurmonikulmiopisteet. Käyttökiintopisteitä ovat V- ja VI-luokan jonopisteet. Pisteiden luokittelu on alun perin tehty Kaavoitusmittausohjeessa 1983. Tässä ohjeessa muodostettiin runkopisteille kuusi tarkkuuteen ja luotettavuuteen perustuvaa luokkaa: I- ja II-luokat muodostavat ylemmän luokan pisteistön ja perustuvat valtakunnallisiin mittauksiin, III-luokka muodostuu kuntien rakentamasta runkopisteistöstä, IV- ja V-luokkien pisteistö muodostuu alemman luokan runkopisteistöstä ja VI-luokka muodostuu pisteistä, jotka eivät joltain osin täytä runkopisteiden vaatimuksia. Taso- runkomittauksia suoritetaan nykyisin pääasiassa satelliittimittauksella. Muita

käytössä olevia mittaustapoja ovat kolmio- ja jonomitau. (Maanmittauslaitos 2003, 8-9.)

2.4.2 Maantieteellinen koordinaatisto

Maan muotoa kuvataan pyörähdysellipsoidin eli symmetria-akselinsa ympäri pyörähtäneen ellipsin avulla. Kaikilla koordinaattijärjestelmillä on oma ellipsoidinsa, jota kutsutaan järjestelmän vertausellipsoidiksi. Vertausellipsoidilla on omat tunnuslukunsa, joissa määritellään muun muassa sen iso- ja pikkuakseleiden pituudet ja litistyneisyys. (Laurila 2008, 125-126.)

Maantieteellinen koordinaatisto on maapallon vertausellipsoidiin kiinnitetty koordinaatisto. Se on liitetty Maahan navoilla, päiväntasaajalla ja nollameridiaanilla (Lontoon Greenwichin kohdalla). Maantieteellisessä koordinaatistossa sijainnit ilmoitetaan kulmamittojen avulla; leveyskulma (φ) ja pituuskulma (λ) annetaan asteina, minuutteina ja sekunteina tai desimaaliasteina. Leveyskulma kertoo havaintopaikan ja ekvaattoritasen- ja pituuskulma havaintopaikan ja Greenwichin meridiaanin välisen kulman. Maapallon pinnalla oleva asteverkko on yksi keino esittää maantieteellinen koordinaatisto. Asteverkko muodostuu pituus- ja leveyspiireistä, jotka on piirretty tasaisin astevälein. Leveys on positiivinen ekvaattorin pohjoispuolella ja negatiivinen eteläpuolella. Pituus taas kasvaa liikuttaessa itään nollameridiaanista. (Laurila 2008, 129.)

2.4.3 Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto

Ellipsoidikeskinen suorakulmainen koordinaatisto on maan vertausellipsoidiin kiinnitetty, kolmiulotteinen koordinaatisto. Tällaisen koordinaatiston origo on maan massakeskipisteessä, eli koordinaatisto on geosentrinen. Koordinaatiston Z-akseli on yhdensuuntainen Maan pyörähdysakselin kanssa, X-akseli on suunnattu massakeskipisteestä nollameridiaaniin ja Y-akseli on kohtisuorassa Z- ja X-akseleita vastaan (Ollikainen ym. 2009, 20). Ellipsoidikeskiset suorakulmaiset koordinaatistot eivät sovellu karttojen tuottamiseen tai mittaamiseen. Sen sijaan ne soveltuvat erinomaisesti satelliittipaikannukseen ja koordinaattijärjestelmien välisiin muunnoslaskuihin. (Laurila 2008, 130-131.)

2.4.4 Tasokoordinaatisto

Haluttaessa siirtää maantieteelliset koordinaatit tasoon, tarvitaan karttaprojektio, jonka avulla voidaan käyttää kulmamittojen sijaan pituusmittoja. Karttaprojektio on siis maapallon pinta muutettuna tasoksi. Tämä mahdollistaa kohteiden esittämisen esimerkiksi painetulla kartalla, johon voidaan liittää tasokoordinaatisto. Pallon projisointia tasoksi ei voida tehdä täysin virheettömästi, joten projektioihin ja sen myötä myöskään tasokoordinaatistoihin liittyvät aina projektiovirheet.

On olemassa useita erilaisia karttaprojektioita. Niihin liittyviä ominaisuuksia ovat oikeapintaisuus, -pituisuus ja -kulmaisuus. Näistä ominaisuuksista vääristyy aina jokin. Yleisimpiä karttaprojektioityyppejä ovat taso-, kartio- ja lieriöprojektiot, joissa kuva on muodostettu - projektion nimen mukaisesti - tasomaiselle-, kartiomaiselle- tai lieriömäiselle pinnalle. (Häkli ym. 2009, 7-8.) Projektiot voivat olla maapallon suhteen joko pysty- tai poikittaisasentoisia. Ne voivat olla myös sivuavia tai leikkaavia. Tämä tarkoittaa, että ne joko sivuavat maapallon pintaa tai leikkaavat sen. (Laurila 2008, 134.)

Suomen alueen karttoihin käyvät parhaiten poikittaisasentoiset lieriöprojektiot, sillä ne soveltuvat hyvin pohjois-eteläsuunnassa pitkien alueiden kuvaamiseen. Lieriöprojektiot ovat konformisia, eli paikallisesti oikeapituisia ja -kulmaisia. (Häkli ym. 2009, 7.) Suomessa käytettävän Kartastokoordinaattijärjestelmän kanssa käytetään Gauss-Krüger-projektiota (GK) ja EUREF-FIN:n kanssa Universal Transverse Mercator- (UTM) tai GK-projektiota. UTM-projektiota suositellaan käytettäväksi paikallisesti GK:n sijaan, mikäli vaaditaan kansainvälistä yhteensopivuutta. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää myös 6^o:n levyisiä UTM-projektiokaistoja 34-36. (JHS 153, 5-6.)

Gauss-Krüger-projektio on poikittaisasentoinen, sivuava lieriöprojektio. Se on keskimeridiaanilla mittatarkka, mutta mittakaavavirhe suurenee siirryttäessä sivuille. Esimerkiksi 400km:n päässä meridiaanista virhe on jo noin 20cm:n luokkaa (JHS 154, 9). Tätä virhettä torjutaan käyttämällä kapeita

projektiokaistoja. Vertausellipsoidia leikkaavan UTM-projektion mittakaavavirhe taas on keskimeridiaanilla 0,9996 ja pienenee noin 180km:n päähän meridiaanista, missä sen virhe on nolla. Tästä sivuille siirryttäessä mittakaavavirhe alkaa taas kasvaa (Häkli ym. 2009, 8).

2.5 Valtakunnalliset tasokoordinaatistot Suomessa

2.5.1 Vanha Valtion Järjestelmä

Vanha Valtion Järjestelmä (VVJ), eli Helsingin järjestelmä alkoi muodostua, kun Suomen itsenäistyttyä juuri perustettu Suomen Geodeettinen laitos aloitti systemaattiset kolmiomittaukset. Mittausten tarkoituksena oli määrittää ensimmäisen luokan pisteistö omalle koordinaattijärjestelmälle. (Häkli ym. 2009, 9.) Pohjois-Suomessa järjestelmä saatiin käyttöön jo 1920-luvulla Struven ketjun välityksellä (Tätilä 2008, 34). Koko Suomen alueella Helsingin järjestelmä otettiin vähitellen käyttöön 1924 lähtien - mittausten edistyessä (Laurila 2008, 144).

VVJ:ssä oli käytössä Hayfordin vertausellipsoidi, ja origo sijaitsi Helsingin tähtitornissa. Akseleiden orientointi saatiin kolmiosivusta, joka kulki Kallion kirkolta Falkbergiin (Tätilä 2008, 33-34). Mittauksissa etäisyydet mitattiin invarlangoilla ja kulmat teodoliitilla (Häkli ym. 2009, 9). Geodeettinen laitos mittasi suurimman osan perusverkon ensimmäisen luokan pisteistä, ja maanmittaushallitus tihensi verkkoa ensimmäisen- ja toisen luokan pisteillä, sekä puiden latvuksiin tehdyillä lovilla, joita kutsuttiin puunlatvamerkeiksi (Tätilä 2008, 33).

Vuonna 1960 valmistuivat mittaukset uudesta, 291 pistettä käsittävästä I-luokan kolmioverkosta. Suomen kolmiopisteverkko tasoitettiin kokonaisuudessaan 1966. Tasoituskaskennan lähtöpisteenä oli Simsiön kolmiopiste, joka oli ED50-järjestelmässä (European Datum 1950). Tämä koordinaattijärjestelmä oli läntisen Euroopan yhteinen, eri maiden vuosina 1940-1950 suorittamien tasoituskaskentojen tulos. Näin myös Suomi liittyi Simsiön pisteen kautta ED50-järjestelmään. (Laurila 2008, 144.) Simsiön pisteen koordinaatit otettiin amerikkalaisen Army Map Servicen ED50-tasoituksesta,

joten Suomen ED50-koordinaatit poikkeavat jonkin verran yleiseurooppalaisista ED50-koordinaateista (Ollikainen ym. 2001, 9).

2.5.2 Kartastokoordinaattijärjestelmä

Suomen pisteistöä täydennettiin edelleen. Tekniikan ja laskennan kehittyessä VVJ ja ED50 jalostuivat I-asteen lineaarisen-, eli Helmert-munnoksen kautta lopulta KKJ:ksi (Tätilä, 2008, 34). KKJ on ollut käytössä Suomen kartastotöissä vuodesta 1970 (JHS 154, 3). KKJ:n peruskoordinaatistossa perustana on Gauss-Krüger-projektio, joka esitetään kuudessa projektiokaistassa ja ellipsoidina on Hayfordin ellipsoidi. Kukin kaista on leveydeltään 3° (JHS 154, 6). Projektiokaistat on numeroitu siten, että keskimeridiaanilla 18° oleva kaista saa numeron 0, 21° saa numeron 1, 24° numeron 2, 27° numeron 3, 30° numeron 4 ja 33° numeron 5 (Häkli ym. 2009, 17). Yhtenäiskoordinaatistossa (YKJ) Suomi kuvataan yhdessä projektiokaistassa, jonka keskimeridiaani on 27° itäistä pituutta (JHS 154, 5). Tätä koordinaatistoa voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, jossa halutaan laskea eri kaistoilla sijaitsevien kohteiden etäisyyksiä. Koordinaatit annetaan KKJ:ssä ja YKJ:ssä yleensä xy-tasokoordinaatteina.

2.5.3 ETRS-TM35FIN ja ETRS-GKn

ETRS89-järjestelmä yhtyy maailmanlaajuiseen ITRS-järjestelmään (International Terrestrial Reference System) epookkina 1989.0 (Häkli ym. 2009, 22, 29). Sitä suositellaan käytettäväksi valtakunnallisissa kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa. ETRS89-järjestelmä on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan yhtenäiseen osaan. ETRS89-koordinaattijärjestelmän realisaatioiden yhteisnimitys on ETRF (European Terrestrial Reference Frame). ETRS-TM35FIN on UTM-projektioon perustuva ETRS89-koordinaattijärjestelmän kanssa käytettävä tasokoordinaatisto Suomessa. Koordinaatiston nimessä ETRS (European Terrestrial Reference System) viittaa geodeettiseen datumiin. TM (Transverse Mercator) kertoo karttaprojektion tyyppin, joka on poikittainen lieriöprojektiio, 35 kertoo kaistan numeron ja FIN ilmaisee projektion poikkeavan standardista kaistanleveyden suhteen. ETRS-TM35FIN-järjestelmän vertausellipsoidi on GRS80 (Geodetic Reference System 1980). (JHS 154, 7.)

ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa käytetään vain yhtä projektiokaistaa 35. Tämän kaistan keskimeridiaani on Suomessa 27° itäistä pituutta ulottuen siitä noin 8° keskimeridiaanista länteen ja noin 5° itään. Kaistanleveys on yhteensä noin 13 astetta, minkä osalta Suomen realisaatio ei vastaa yleiseurooppalaista projektiosuositusta. Negatiiviset koordinaatit vältetään, kun keskimeridiaanin itäkoordinaatin arvoksi annetaan 500 000m. Pohjoiskoordinaatin arvo on päiväntasaajalla 0m. (JHS 154, 7.) ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa kaistan reuna-alueilla on tehtävä projektiokorjauksia, sillä niiden etäisyys keskimeridiaanista on suuri. Kun käsitellään tässä koordinaatistossa mitattuja tuloksia, on pinta-aloissa otettava huomioon mittakaavakorjaus. Sama pätee myös kapeakaistaisempien ETRS-GKn-koordinaatistojen reunamilla. (JHS 154, 7-9.)

ETRS-GKn-koordinaatistoja suositellaan käytettäväksi paikallisissa mittaus- ja kartastotehtävissä, jotka vaativat suurempaa tarkkuutta verrattuna ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon. Tällaista toimintaa ovat esimerkiksi kaavoitus- ja rakentamistoiminta. Tasokoordinaatiston keskimeridiaaniksi voidaan valita kyseiselle alueelle parhaiten sopiva tasa-aste, jolloin projektiokorjaukset pysyvät pieninä. Samoin kuin ”isoveljellään” ETRS-TM35FIN-koordinaatistolla, myös ETRS-GKn-koordinaatistoilla ETRS89 kertoo järjestelmän geodeettisesta datumista. GK viittaa Gauss-Krüger-projektioon ja n kertoo käytetyn keskimeridiaanin asteluvun. Itäkoordinaatin arvo keskimeridiaanilla on n 500 000m, missä n kertoo kaistan keskimeridiaanin asteluvun. Pohjoissuunnassa nollataso on päiväntasaajalla. (JHS 154, 7.)

2.6 Koordinaattien muuntaminen

2.6.1 Koordinaattikonversiot

Kahden samaan datumiin perustuvan koordinaatiston väliset muunnokset, eli konversiot ovat pelkkiin laskutoimituksiin perustuvia (Häkli ym. 2009 36-37). Näin ollen niistä ei aiheudu muunnosvirhettä laskentatarkkuuden ollessa riittävä (Puupponen 2008, 28). Ne ovat esimerkiksi siirtymistä tasokoordinaatistosta toiseen, kuten koordinaattien muuntamista KKJ:n kaistojen välillä. Lisäksi konversio tehdään siirryttäessä projektiosta toiseen, esimerkkinä GK-

projektiosta UTM-projektioon siirtyminen. Usein konversiot eivät ole mahdollisia suorittaa suoraan, vaan koordinaatit on ensin muutettava maantieteellisiksi koordinaateiksi ja vasta sitten haluttuun muotoon. (Häkli ym. 2009, 36.)

Konversio suoritetaan yleisesti tunnettujen, matemaattisten konversio-kaavojen avulla. Näitä kaavoja ovat Suomessa esimerkiksi maantieteellisten ja tasokoordinaattien väliset kaavat (JHS 154, Liite 1), maantieteellisten ja suorakulmaisten 3D-koordinaattien väliset kaavat (JHS 153, Liite B) ja konversio ETRS-GK27 ja ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistojen välillä (JHS 154, Liite 1).

2.6.2 Koordinaattimuunnokset

Koordinaattimuunnokset ovat aiheellisia, kun halutaan muuntaa koordinaatteja kahden eri datumiin perustuvan koordinaattijärjestelmän välillä. Muunnosta ei voida suorittaa suoraan kolmi- ja kaksiulotteisten koordinaatistojen välillä. Koordinaatit on muunnettava ensin samaan muotoon, jolloin on myös pidettävä huoli siitä, että projektityyppi ja keskimeridiaani ovat samoja. Tällöin vältetään niiden poikkeamisen aiheuttamilta jäännösvirheiltä. (Häkli ym. 2009, 37-38.)

Muunnosparametrien laskeminen perustuu molemmissa järjestelmissä tunnettuihin vastinpisteisiin. Pisteiden määrän riittävä ja niiden laadun on oltava hyvä. Virheiltä ei voida mitenkään välttää tehtäessä koordinaattimuunnoksia, sillä mittauksien suorittaminen täysin virheettää on mahdotonta. Tämän vuoksi suositellaan, että koordinaattien määrittäminen menetelmä (mitattu/muunnettu) olisi käyttäjän tiedossa. Muunnosmenetelmiä on useita erilaisia ja menetelmää valittaessa tulisi ottaa huomioon muun muassa tavoiteltu tarkkuus ja muunnoksen käyttötarkoitus. (Häkli ym. 2009, 37-38.) Kaikkea aineistoa ei voida muuntaa. Runkopisteet on aina mitattava mittausohjeiden mukaisella tarkkuudella ja hyväksytyin mittausmenetelmin, sillä ne ovat pohjana uudessa koordinaatistossa tapahtuville mittauksille.

Muunnosparametrit lasketaan yleisesti pienimmän neliösumman periaatteella. Laskennan menetelmät riippuvat tarkemmin käytettävästä muunnoksesta. Pienimmän neliösumman periaate on usein käytetty menetelmä maanmittauksen laskennoissa, sillä sen tuloksena saadaan luotettavia tuloksia ja myös tietoa tuloksien virheistä. Maanmittauksen alalla pienimmän neliösumman periaatetta kutsutaan myös tasoituslaskennaksi. (Laurila 2008, 69.) Seuraavaksi esitellään pääpiirteissään tavallisimmat muunnosmenetelmät.

2.6.3 Helmert-muunnos

Yhdenmuotoisuusmuunnoksella voidaan muuttaa koordinaatiston sijaintia, orientointia ja mittakaavaa sillä tavoin, että muunnettava koordinaatisto yhtyy mahdollisimman hyvin tavoitteena olevaan koordinaatistoon. Se ei siis muuta pisteistön muodostamaa kuviota, joten mahdollisten mittavirheiden aiheuttamat vääristymät eivät muutu miksikään. (JHS 154, 10-11.)

Helmert-muunnos on yleisimmin käytetty koordinaattimuunnos. Se on yhdenmuotoisuusmuunnos tasolla. Helmert-muunnoksen suorittamiseksi on oltava tiedossa vähintään kahden pisteen koordinaatit. Käytännössä kuitenkin mittauksissa pyritään saamaan paljon enemmän havaintoja, jolloin on kysymys ylimääritetystä mittauksesta. Tällöin voidaan saada tietoa myös mittaustarkkuudesta. Muunnosparametrit ovat origon muutos x - ja y -akseleiden suunnassa (dx ja dy), koordinaatiston kierto (t_0) ja mittakaavakertoimet (k_x ja k_y). (Laurila 2008, 78-79.)

2.6.4 Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos

Kolmiulotteinen yhdenmuotoisuusmuunnos, joka on 7-parametrinen Helmert-muunnos, voidaan suorittaa kahden kolmiulotteisen, suorakulmaisen koordinaatiston välillä (Puupponen 2008, 28). Sen avulla voidaan kolmiulotteisessa koordinaatistossa olevalle pisteelle laskea uudet, myös kolmiulotteiset koordinaatit kiertyneessä, siirtyneessä ja mittakaavaltaan muuttuneessa koordinaatistossa (Rönholm 2002, 12).

Muunnoksen suorittamiseen tarvitaan vähintään kolmen, mieluiten useamman vastinpisteen koordinaatit. Parametreina tässä muunnoksessa ovat koordinaatiston kierto koordinaattiakseleiden suhteen, origon siirto ja mittakaavan muutos. Koska koordinaattiakseleita on kolme, tulee muunnoksesta yhteensä seitsemän parametria: kolme kiertoa (e_x , e_y ja e_z), kolme origon siirtoa (dx , dy ja dz) ja mittakaavakerroin (m). (Häkli ym. 2009, 38.)

2.6.5 Affiininen muunnos tasolla

Affiininen muunnos tasolla voidaan tehdä kahden kaksiulotteisen koordinaatiston välillä. Muunnosparametrien laskemiseen tarvitaan vähintään kolmen pisteen koordinaatit, joskin on jälleen suositeltavaa käyttää useampia pisteitä tarkemman lopputuloksen takaamiseksi. Affiinisessa muunnoksessa kahdelle koordinaattiakselille määritellään omat mittakaavakertoimensa (k_x ja k_y), origon siirto (dx ja dy) ja kiertokulma (t_0). Muunnosparametreja on siis yhteensä kuusi. Tämä muunnos on yhdenmuotoisuusmuunnosta joustavampi ja jäännösvirhe on yleensä pienempi, sillä se ei pyri väkisin säilyttämään kuvioden muotoja. (Häkli ym. 2009, 40.)

2.6.6 Affiininen muunnos kolmioittain

Kolmioittain suoritettava affiininen muunnos on affiinisen muunnoksen erikoismuoto. Muunnospisteistöstä on muodostettu kolmioverkko, josta ensin paikallistetaan kolmio, jonka sisällä muunnettavana oleva piste sijaitsee. Kun kolmion kärkipisteiden koordinaatit tunnetaan alkuperäisessä- ja tavoitekoordinaatistossa, lasketaan näiden vastinpisteiden avulla kolmion muunnoksen parametrit. Muunnosta ei siis tehdä koko koordinaatistolle tai valitulle alueelle kerralla, vaan se suoritetaan kolmioittain. (Häkli ym. 2009, 41.)

Affiinisen muunnoksen suorittaminen kolmioittain on vaivatonta ja pisteistön tihentäminen vaikuttaa vain tihennyspisteen sisältäviin kolmioihin. Huonona puolena menetelmässä on se, että muunnokseen ei saada tarkkuusarviota, minkä vuoksi muunnoksen tarkkuutta on kontrolloitava esimerkiksi

testipisteiden avulla. Tässä muunnostyypissä käytettävien vastinpisteiden tulee olla erityisen laadukkaita. (Häkli ym. 2009, 41.)

3 EUREF-FIN

3.1 EUREF89

EUREF89-kampanja toteutettiin vuonna 1989 tehdyllä, 92 eurooppalaisen GPS-aseman laskennalla. Verkkoon kuului myös useita satelliittilaser- ja VLBI-pisteitä (Very Long Baseline Interferometry – pitkäkantainterferometria), joiden havainnoista koordinaatiston orientointi ja mittakaava ovat peräisin. Suomen pisteistä laajassa laskennassa oli mukana kolme III-luokan kolmiopistettä, sekä yksi VLBI-piste. (Häkli ym. 2009, 6, 23.) Näin saatiin Suomeen ensimmäinen ETRS89-järjestelmän realisaatio.

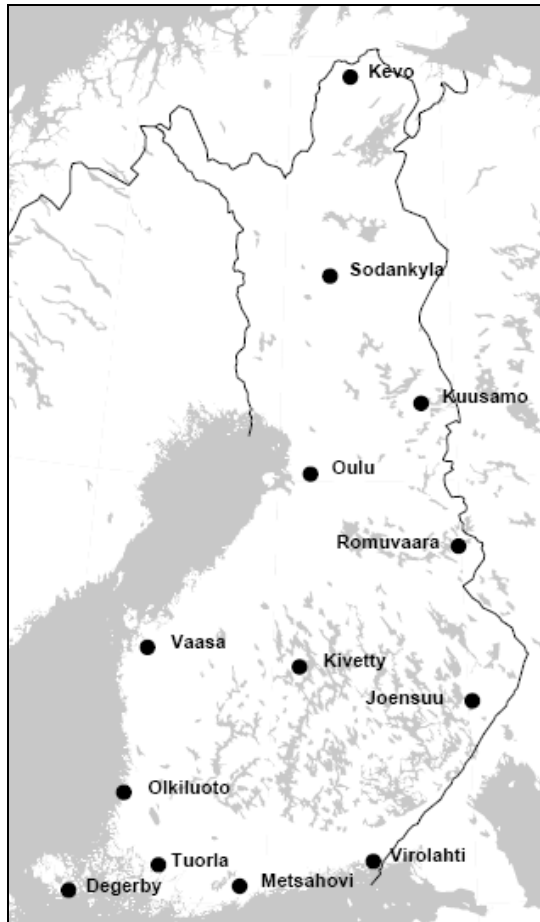
3.2 GPS-Suomi 1992

EUREF89-koordinaatistossa olevia pisteitä piti saada lisää. Geodeettinen laitos, Merenkulkulaitos ja Maanmittauslaitos toteuttivat seuraavaksi Suomen kattavan GPS-pisteverkon mittaamisen vuonna 1992. Tähän kampanjaan kuului 22 I-luokan kolmiopistettä, sekä Metsähovin pysyvä GPS-asema. Pisteistä kolme oli myös EUREF89-kampanjan pisteitä (Kaunispää, Nisula ja Sjöckulla). Verkko kiinnitettiin näihin, alkuperäisessä kampanjassa mukana olleisiin pisteisiin. (Häkli ym. 2009, 23.)

3.3 FinnRef®

IAG:n (International Association of Geodesy) alakomissio EUREF suositteli vuonna 1990, että ETRS89 otettaisiin yleisesti Euroopassa käyttöön. Vuonna 1993 Pohjoismainen Geodeettinen Komissio (NKG) suositteli pysyvien GPS-asemien verkon rakentamista. (Häkli ym. 2009, 23.) Vuonna 1992 Geodeettinen laitos oli jo suunnitellut maahamme rakennettavaksi 12 pysyvää GPS-asemaa (**KUVIO 1**) (Ollikainen ym. 2001, 12). Asemat valmistuivat vuosina 1994-1996 ja niistä neljä kuuluvat myös Euroopan pysyvään GPS-verkkoon (EUREF Permanent GPS-network, EPN). Nämä asemat ovat Metsähovi, Joensuu, Vaasa ja Sodankylä. EPN koostuu osasta Euroopan maiden pysyviä GPS-asemia, jotka lähettävät tietonsa alueellisiin laskentakeskuksiin ja saavat niiltä asemien tarkat koordinaatit. Lisäksi Metsähovin asema kuuluu kansainväliseen IGS-verkkoon (International GPS

Service). Suomen verkkoa kutsutaan FinnRef®-verkoksi ja se liittyy kansainvälisiin järjestelmiin edellä mainittujen asemien kautta. (Poutanen ym. 2000-2003, 3.)



KUVIO 1: FinnRef® - Suomen pysyvien GPS-asemien verkko (Häkli ym. 2009, 24).

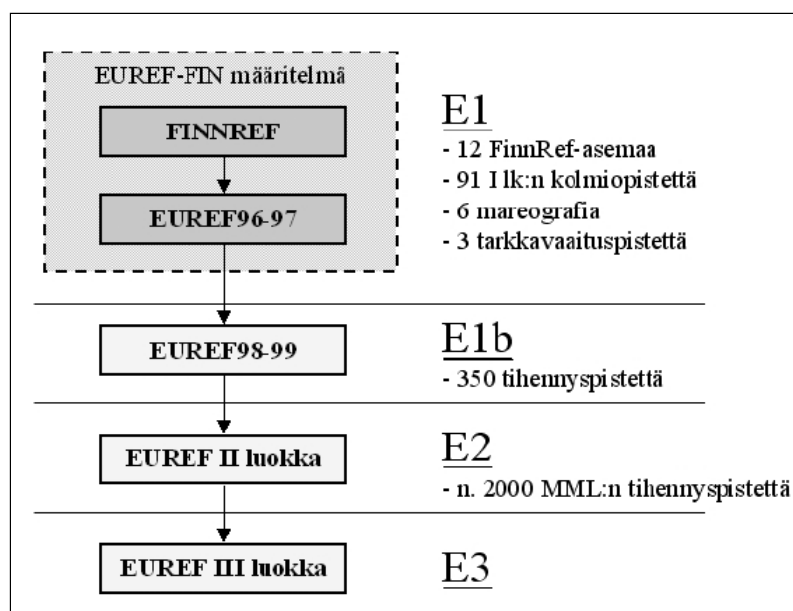
3.4 EUREF-FIN-pisteet

Suomen EUREF-FIN-pisteverkkoa alettiin mitata GPS-asemien valmistuttua. Vuosina 1996-1997 Geodeettinen laitos mittasi sadan pisteen EUREF-verkon, jonka pisteet olivat pääosin I-luokan kolmiopisteitä. (Ollikainen ym. 2001, 12-13.) Lisäksi mukana oli kolme tarkkavaaituspistettä ja kuusi mareografien läheisyydessä olevaa pistettä (Häkli ym. 2009, 24). Nämä pisteet ovat Suomen EUREF-FIN-koordinaatiston määrittäviä pisteitä. Niistä kolme oli mukana jo ensimmäisessä EUREF89-kampanjassa. Sadasta

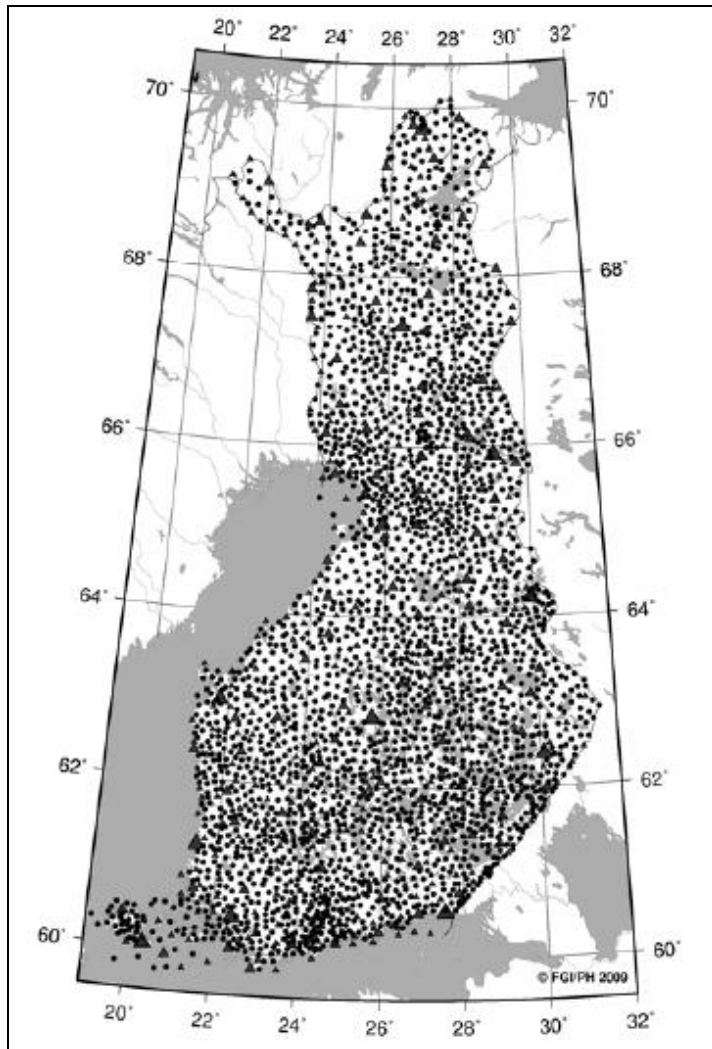
pisteestä 19 hyväksyttiin virallisiksi ETRS89-pisteiksi Prahan EUREF-kokouksessa vuonna 1999. (Ollikainen ym. 2001, 12-13.)

EUREF-FIN-koordinaatiston I-luokan pisteistön muodostivat 12 FinnRef®-asemaa ja sata I-luokan kolmiopistettä. Tämä ei kuitenkaan ollut riittävän tiheä ja mittausten kannalta toimiva ratkaisu, joten pisteverkon tihentäminen oli tarpeen. EUREF-FIN-pisteistön tihentäminen tapahtui vuosina 1998-1999. Geodeettinen laitos mittasi 350 kyselyiden perusteella valittua GPS-käyttöpistettä, jotka olivat Maanmittauslaitoksen tarkkuusluokkaa II ja III. Mittaustulokset kiinnitettiin EUREF-FIN-koordinaatistoon mittauksissa mukana olleiden FinnRef®- ja EUREF-FIN-pisteiden avulla. (Ollikainen ym. 2001, 13.)

Pisteverkon tihentäminen jatkuu edelleen. Tällä hetkellä EUREF-FIN-pisteet on luokiteltu neljään eri tarkkuusluokkaan: E1, E1b, E2 ja E3. E1-luokkaan kuuluvat edellä mainitut 12 FinnRef®-asemaa, 91 I-luokan kolmiopistettä, 6 mareografia ja 3 tarkkavaaituspistettä. E1b-luokkaan kuuluvat 350 tihennyspistettä, E2-luokkaan kuuluvat noin 2500- ja E3-luokkaan vielä tuntematon määrä Maanmittauslaitoksen tekemiä tihennyspisteitä (**KUVIO 2** ja **3**). (Häkli ym. 2009, 28.)



KUVIO 2: EUREF-FIN-pisteiden luokittelu (JHS 153, 10).



KUVIO 3: E1-E2-luokkien pisteet Suomessa.

3.5 Ohjeistukset ja lainsäädäntö

3.5.1 INSPIRE-direktiivi ja kansallinen paikkatietostrategia

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2007/2/EY (annettu 14.3.2007) tarkoituksena on saada aikaan kansallisten paikkatietojen yhteiskäyttö koko Euroopan alueella. Euroopan yhtenäinen koordinaattijärjestelmä on välttämätön, jotta näin laaja yhteistoiminta olisi käytännössä mahdollista. (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2007/2/EY.) Kun INSPIRE oli vasta valmisteluvaiheessa, asetti Suomessa Valtioneuvosto 21.7.2001 Paikkatietoasian neuvottelukunnan, jonka tehtävistä yhtenä oli käynnistää kansallisen paikkatietostrategian valmistelu. Tämän tarkoituksena oli kehittää

kansallista ja kansainvälistä paikkatietoinfrastruktuuria vuosina 2005-2010. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004.)

Direktiivi on saatettu voimaan jo useissa Euroopan Unionin jäsenvaltioissa kansallisen lainsäädännön kautta. Suomessa toimeenpanoa varten on säädetty laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009) ja lakia täydentävä asetus (725/2009). Laki paikkatietoinfrastruktuurista tuli voimaan 17.6.2009 ja asetus 12.10.2009. Lain toimeenpanoa ohjaa ja seuraa, sekä yhteystahona toimii Maa- ja metsätalousministeriö. Laki edellyttää, että paikkatietoa hallinnoiva viranomainen huolehtii tietojen metatiedoista, sekä pitää paikkatietoaineistot yhteisessä käytössä ja ajantasaisina. Suomessa metatietojen hakupalvelusta ja muista niihin liittyvistä toimenpiteistä huolehtii Maanmittauslaitos, joka tarjoaa myös neuvontaa, sekä tuki- ja muunnospalveluita. Asetuksessa nimetään paikkatietoa hallinnoivat viranomaiset, joihin kuuluvat eri organisaatioiden lisäksi kaikki kunnat. (Suomen Valtioneuvosto 2009a ja 2009b.) Direktiivin ja säädösten soveltamista ohjeistetaan Julkisen Hallinnon Suositusten (JHS) avulla, joista lisää seuraavaksi.

3.5.2 Julkisen hallinnon suositukset

Julkisen tietohallinnon neuvottelukunta (JUHTA) on valtiovarainministeriön yhteydessä toimiva, ministeriöiden ja Suomen Kuntaliiton pysyvä yhteistyö- ja neuvotteluelin. Sen tarkoituksena on edistää Suomessa julkisen hallinnon tietoyhteiskuntakehitystä. Julkisen hallinnon suositukset (JHS) koskevat valtion- ja kunnallishallinnon tietohallintoa. Ne voivat olla sisällöltään julkishallinnon toiminnan tukemiseksi tarkoitettuja yhtenäisiä menettelytapoja, määrittelyitä tai ohjeita. JHS-järjestelmän painopistealueet ovat tietojärjestelmien yhteentoimivuus, yhteisten tietovarojen hyödyntäminen, asiointikäyttöliittymät, tietojen käsittelyn tietoturva ja -suoja, sekä palveluiden kehittämistä tukevat hyvät käytännöt. Suositukset laatii JHS-jaosto ja hyväksyy JUHTA. (Valtiovarainministeriö 2011.)

JUHTA on tehnyt koordinaattijärjestelmiin liittyen kaksi suositusta: *JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa* ja *JHS 154 ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako*. Lisäksi on tekeillä *JHSxxx GNSS-mittaus EUREF-FIN-koordinaatistossa* (hankesuunnitelman nimi). Näiden lisäksi on tehty myös useita paikkatietoihin liittyviä suosituksia, jotka liittyvät osaltaan koordinaattijärjestelmiin ja niiden muutoksiin.

JHS 153 paneutuu nimensä mukaisesti määrittelemään ETRS89-järjestelmän realisaation, EUREF-FIN-koordinaatiston Suomessa. Se on tarkoitettu paikkatietoaineistojen ja paikkatietojärjestelmien tuottajille. Suosituksen tavoitteena on helpottaa osaltaan ETRS89-järjestelmän käyttöönottoa Suomessa. JHS 154 määrittelee tarkemmin EUREF-FIN-koordinaatiston kanssa käytettävät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot, sekä esittelee koordinaatistojen välisiä muunnoksia. Tavoitteena on pohjustaa teknisiä ja matemaattisia valmiuksia uusien tasokoordinaatistojen käyttöön ottamiseen.

Näissä molemmissa Julkisen hallinnon säädöksissä mainitaan seuraavat standardit, joihin niiden antamat suositukset pohjaavat: ISO 19111:2007 ja ISO/FDIS 6709:2008. ISO 19111 (*Geographic information – Spatial referencing by coordinates*) ja ISO/FDIS 6709 (*Standard representation of geographic point location by coordinates*) määrittelevät, kuinka maantieteellistä informaatiota voidaan esittää koordinaattien avulla. ISO eli International Organization for Standardization julkaisee maailmanlaajuisia standardeja eri aihepiireistä. Standardien tarkoituksena on yhdenmukaistaa käytännöt ja saada ne vertailukelpoisiksi ympäri maailmaa. (International Organization for Standardization 2011.)

Tekeillä olevan JHS xxx-suosituksen taustalla on uuden koordinaattijärjestelmän käytön yleistyessä tarve määritellä GNSS-mittauksille viralliset ja yhtenäiset mittausohjeet. Suosituksessa tullaan esittelemään EUREF-FIN-pisteiden luokitus ja pisteiden

tarkkuusvaatimukset. Aikaisemmin asiaa on hoitanut Maanmittauslaitos julkaisemalla Kaavoitusmittausohjeet (KMO). Nykyinen KMO 2003 katsotaan tiedoiltaan vanhentuneeksi ja asia hoidetaan jatkossa suosituksilla, joista ensimmäinen tulee olemaan tämä suositus. (JHS-työryhmä 2011.)

3.5.3 Geodeettisen laitoksen tiedotteet

Suomen Geodeettinen laitos on geodesian ja paikkatietoalan asiantuntija- ja tutkimuslaitos. Se tekee yhteistyötä yliopistojen, tutkimuslaitosten, julkis-yhteisöjen ja yritysten kanssa Suomen ja Euroopan alueella. Se toimii myös Maa- ja metsätalousministeriön asiantuntija- ja tutkimuslaitoksena. Geodeettisen laitoksen tiedotteista ja julkaisuista useat käsittelevät ETRS89-järjestelmään siirtymistä Suomessa. Seuraavaksi esitellään tarkemmin kaksi aiheeseen liittyvää tiedotetta.

Geodeettisen laitoksen tiedote 24: *EUREF-FIN-koordinaatisto ja EUREF-pistetihennykset Suomessa* käsittelee Suomen EUREF-FIN-koordinaatiston määrittelyä ja siihen johtaneita toimenpiteitä. Tiedotteessa esitetään myös EUREF-FIN:n määrittävät koordinaatit ja käyttöpisteiden koordinaatit EUREF-FIN-koordinaatistossa. (Ollikainen ym. 2001.) Tiedotteessa 30: *Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset* esitellään perusteellisesti Suomen koordinaatistot ja karttaprojektiot, EUREF-FIN-koordinaatisto, korkeusjärjestelmät, sekä muunnokset ja konversiot (Häkli ym. 2009).

3.5.4 Kaavoitusmittausohjeet

Maanmittauslaitoksen julkaisemat Kaavoitusmittausohjeet (KMO) sisältävät kaavoitusmittauksen teknistä suorittamista koskevia määräyksiä ja suosituksia. Suomessa on julkaistu kaksi kaavoitusmittausohjetta; ensimmäinen vuonna 1983 ja toinen vuonna 2003. Kaavoitusmittausohjeet 2003 valmisti Maanmittauslaitoksen kokoama työryhmä, johon kuuluivat edustajat Geodeettiselta laitokselta, alan oppilaitoksista, pääkaupunkiseudun kunnista, alan konsulttiyrityksistä, Suomen Kuntaliitosta, Topografikunnasta ja Ympäristöministeriöstä. Uusimmassa kaavoitusmittausohjeessa uuteen

koordinaattijärjestelmään siirtyminen on huomioitu, mutta nopeiden muutosten takia niin mittaustekniikassa, kuin muissakin käytänteissä, ovat uudenkin KMO:n tiedot vanhentuneita, kuten tulee ilmi kappaleessa 4.2.2. (Maanmittauslaitos 2003.)

3.5.5 Muita

Hyödyllistä tietoa ETRS89-järjestelmän käyttöönotosta Suomessa löytyy runsaasti luotettavien tahojen internet-sivustoilta. Tällaisia ovat esimerkiksi Maa- ja metsätalousministeriön-, Maanmittauslaitoksen- ja Geodeettisen laitoksen sivustot. Kuntatiedon keskuksen kunnat.net -sivustolta voi myös löytää hyödyllistä tietoa aiheesta. Aiheesta on tehty lukuisia raportteja, kuten opinnäyte- ja diplomitöitä, joissa perehdytään lähinnä yksittäisten kuntien tai alueiden suorittamiin tai suunnitteilla oleviin tasokoordinaatisto- ja korkeusjärjestelmien muunnoksiin. Näistä voidaan uusimpina esimerkkeinä mainita Antti Väätäisen insinööritö Virtain kaupungin muunnosvaihtoehtoista (2010) ja Petri Honkasen diplomityö Lahden muunnoksesta (2010). Kuntien ja kaupunkien kotisivuilta löytyy myös tietoa suoritetuista muunnoksista, kuten esimerkiksi Oulun ja Jyväskylän.

4 SIIRTYMISEN VAIHEET

4.1 Selvitystyö

Koordinaattijärjestelmän uudistamisen ensimmäinen vaihe on suorittaa perusteellinen selvitys vallitsevista olosuhteista. Alkuvaiheessa on hyvä tutustua aiheesta tehtyihin säädöksiin ja määräyksiin sekä muualla suoritettuihin muunnoksiin. Lisäksi kannattaa kysyä neuvoa Maanmittauslaitoksen ja Geodeettisen laitoksen asiantuntijoilta. On myös järkevää ottaa selville yhteistyömahdollisuudet naapurikuntien kanssa. Yhteistyö jakaa kustannuksia ja työmäärää ja mahdollistaa myös seudullisen yhteistyön paikkatietojen käytössä. Monilla pienillä kunnilla ei ole omaa mittausosastoa, vaan ne toimivat usein konsulttien tai naapurikuntien ostopalveluiden varassa. Hyvänä esimerkkinä laajasta alueellisesta yhteistyöstä voidaan mainita Turun seudun kuntien koordinaattijärjestelmien yhdistäminen ja uudistaminen, missä oli mukana 16 kuntaa (Järvinen 2009).

Selvitysvaiheessa tärkein tehtävä on ottaa selville kunnan runkopisteverkon tila, ellei verkon tilasta ole ajantasaista tietoa. Runkoverkon sisäinen tarkkuus ja rakenne selvitetään yleensä arkistotutkimuksella ja tarkistusmittausten avulla. Tässä vaiheessa voidaan suorittaa pisteinventointi, jossa suoritetaan maastokäynti kaikilla pisteillä. Näin voidaan suoraan karsia joukosta pois tuhoutuneet ja siirtyneet pisteet. On myös hyvä arvioida pisteiden soveltuvuutta GNSS-mittaukseen ja tehdä estepiirrokset, joissa merkitään satelliittien näkyvyyttä häiritsevät kohteet. Myös mahdollisia raivaustoimenpiteitä voidaan tehdä. Tämä mahdollistaa myöhemmin parhaimman mittausajankohdan määrittämisen pisteille. Pisteinventointia jouduttaa se, että pisteiden löytyminen varmistetaan etukäteen karttojen tai pistepiirrosten avulla. Myös satelliittipaikantimen käyttö helpottaa pisteiden löytymistä. Runkopisteverkon tasalaatuisuutta on tutkittu GPS-RTK-mittauksen avulla Savonlinnassa (Kyllönen 2010, 9-14). Keravalla kaupungin vanha runkopisteverkko mitattiin kokonaan uudelleen GPS-verkkomittauksella (Piirainen 2009, 9). Nurmeksessa runkopisteverkon tilaa on arvioitu arkistotutkimuksella ja perimätiedon keräämisellä (Korhonen 2008, 28-32).

Kuntien runkopisteverkot on usein mitattu pitkän aikavälin kuluessa, jolloin mittaus- ja laskentamenetelmät ovat olleet alueittain erilaisia. Laadultaan alueittain vaihteleva runkopisteverkko vaatii useiden alueellisten muunnosten suorittamisen, mikä lisää työmäärää. Pistetilanteen selvittäessä selkenee yleensä myös se, onko kunnalla resursseja suorittaa muunnokseen tarvittavat suunnitelmat, mittaukset ja laskenta itse, vai onko turvauduttava konsulttiapuun. On otettava huomioon resurssien, kuten rahan, henkilöstön ja kaluston riittävyys. On punnittava tarkoin mahdollisuus käyttää konsulttien palveluita, sillä mittauksiin ja laskentaan tarvittavat ohjelmistot ja kalusto ovat yleensä tarpeen vain tässä muunnostyössä, eikä niiden hankkiminen ole järkevää. Kalusto voidaan vuokrata myös erikseen, mutta silloin on tärkeää pystyä arvioimaan tarkkaan mittausten kesto.

On myös tarpeen pohtia muunnoksen hyötyjä, haittoja ja tavoitteita. Monissa kunnissa on pohdittu hankkeen kalleutta ja työläyttä. Kaikissa paikkatiedon tuottamisen työvaiheissa edut eivät ehkä näykään välittömästi. Siirtyminen uuteen valtakunnalliseen järjestelmään on perusteltavaa, jotta pysyttäisiin mukana kehityksessä. Tulevaisuudessa paikkatietojen yhteensopivuus on aina vain merkittävämpää. Seudullinen yhteistyö paikkatiedon käyttämisessä ja tuottamisessa lisääntyy jatkuvasti ja kuntaliitokset ovat yleisiä. Myös yhteistyö Maanmittauslaitoksen kanssa asettaa omat vaatimuksensa kunnille. ETRS89-järjestelmä on Euroopan laajuinen, tarkka ja luotettava järjestelmä. Se soveltuu muita järjestelmiä paremmin GNSS-mittauksiin. Haitat ovat yleensä ohimeneviä ja liittyvät lähinnä siirtymävaiheeseen, kun on toimittava eri järjestelmissä olevien koordinaattien kanssa. Käytännön mittaustyö voi olla sekavaa ja esimerkiksi karttojen, pisterekisterien ja toimitusasiakirjojen koordinaattitiedot vanhentuvat, mikä tulee ottaa huomioon. Myös karttalehtijako ja koordinaattien pituus muuttuvat, mikä vaikuttaa osaltaan laitteiden ja ohjelmistojen käyttöön.

4.2 Suunnitteleminen

Kun kunta tai useiden kuntien muodostama alue liittyy ETRS89-järjestelmään, on suoritettava kunnan runkopisteverkon mittaaminen, jotta runkopisteille saadaan uuden järjestelmän mukaiset koordinaatit. Tämä

tapahuu siten, että pisteverkko mitataan uudelleen ja kiinnitetään EUREF-FIN-koordinaatistoon valtakunnallisten pisteiden kautta. Lisäksi määritetään vastinpisteiden avulla muunnosparametrit vanhan ja uuden järjestelmän välille, jotta muunnettavaksi soveltuva aineisto voidaan muuntaa. Mittaussuunnitelman huolellinen laadinta helpottaa työn käytännön toteuttamista huomattavasti. Se parantaa mittaustyön laatua ja tehokkuutta ja auttaa ennakoimaan mahdollisia ongelmia ja keksimään ratkaisuita.

Verkon satelliittimittauksessa käytetään vähintään neljää lähtöpistettä, joiden muodostaman monikulmion sisään muunnettavan alueen on sisällyttävä. Nämä lähtöpisteet ovat uudessa koordinaattijärjestelmässä tunnettuja pisteitä, joiden kautta muunnospisteet sidotaan valtakunnalliseen järjestelmään. Suomessa lähtöpisteiksi on valittavissa kolmesta eri vaihtoehdosta. Geodeettisen laitoksen FinnRef®-tukiasemaverkko ja Geotrim Oy:n GPSNet.fi® VRS-verkko mahdollistavat muunnospisteiden sitomisen näihin kiinteisiin tukiasemiin. Usein etäisyys näihin asemiin saattaa olla varsin suuri, minkä johdosta havaintoaikojen pituudet kasvavat. VRS-verkon asema runkoverkkojen hierarkiassa ei ole selvä, mikä valitettavasti usein estää sen käytön runkomittauksissa. Lähtöpisteinä voidaan käyttää myös maastossa sijaitsevia pisteitä. Tällaisia pisteitä ovat Geodeettisen laitoksen I- tai II-luokan EUREF-verkon pisteet tai Maanmittauslaitoksen EUREF-tihennyspisteet. Myös muut paikallisesti määritetyt EUREF-pisteet sopivat lähtöpisteiksi, mikäli niiden tarkkuus on tarpeeksi hyvä. (Honkanen 2010, 15-17.) Jotta voidaan laskea muunnosparametrit uuteen järjestelmään siirrettäviä aineistoja varten, on muunnospisteiden joukossa oltava vähintään neljä vanhassa järjestelmässä luotettavasti tunnettua pistettä. Yleensä ne pyritään valitsemaan kunnan I- tai II-luokan pisteistä. Tarvittaessa on käytetty myös III-luokan pisteitä.

Mitattavia pisteitä valittaessa katveisuuden lisäksi on otettava huomioon monitieheijastusten vaikutus, auringon aktiivisuus ja mahdollisesti pisteiden keskinäinen näkyvyys. Pisteverkon tulee kattaa muunnettava alue mahdollisimman suurelta osin. Valittujen pisteiden välille suunnitellaan kolmi- ja nelikulmaiset geometriset silmukat, jolloin saadaan jokaiselle pisteelle

useammassa havaintojaksossa mitattuja havaintoja ja näin saadaan myös ylimääritystä tasoituskalkulaatioon. Jokaisessa silmukassa tulee olla vektoreita vähintään kahdesta havaintojaksosta, eikä silmukan tule sulkeutua yhdessä havaintojaksossa. Mikäli edellisen havaintojakson pisteet ovat samoja, kuin seuraavan havaintojakson, tulee laitteisto kuitenkin keskittää uudelleen, jotta vektorit ovat riippumattomia. Peruskiintopisteitä mitattaessa yhdessä silmukassa saa olla enintään neljä vektoria ja mittausjakson pituuden on oltava 45-90 minuuttia. Havaintojaksojen pituuksiin vaikuttavat lisäksi laitteisto, vastaanottimien lukumäärä ja satelliittien sijainti taivaalla. Satelliittigeometriaa kuvaa GDOP-arvo, jonka on oltava alle 8. Vierekkäisillä silmukoilla on oltava vähintään kaksi yhteistä pistettä, eikä verkossa saa olla verkkoon vain yhdellä vektorilla tai pisteellä liittyviä piikkipisteitä. (Maanmittauslaitos 2003, 11-12.)

Mittausten aikataulua suunniteltaessa otetaan huomioon eri pisteiden soveltuvuus satelliittimittaukseen eri ajankohtina, havaintojakson pituudet, kaluston ja mittaushenkilöiden määrä, siirtyminen pisteeltä toiselle ja kaluston pystyttämiseen kuluva aika. Lisäksi on otettava huomioon havaintojen purkamiseen ja prosessoimiseen kuluva päivittäinen aika. On havaittu, että mittauksen takia etukäteen tehty verkkosuunnitelma on paikallaan, jotta esimerkiksi useiden eri kuntien alueella tapahtuvat mittaukset hallitaan paremmin ja vältetään mahdollisilta päällekkäisyyksiltä.

4.3 Mittaaminen

Koordinaatiston perus- ja käyttökiintopisteiden suositellut mittaukset ovat staattinen satelliittimittaus ja jonomittaus. Korkeuskiintopisteet on mitattava vaaitsemalla. Kaavoitetun alueen rajamerkit ja rakennukset suositellaan mitattavan RTK-satelliittimittauksella ja takymetrillä, mutta myös ilmakuvakartoitus käy. Muiden kohteiden kartoittamiseen hyväksytään kaikki edellä mainitut mittaukset. Peruskiintopisteiden suhteellisen tasotarkkuuden on oltava $\leq 20\text{ppm}$. (Maanmittauslaitos 2003, 10-12) Mitattaessa muunnospisteitä on siis mahdollista suorittaa mittaukset joko staattisella satelliittimittauksella tai takymetrillä. Staattinen satelliittimittaus on hyväksi havaittu mittaustapa muunnosmittauksissa.

Satelliittimittaus perustuu satelliittien lähettämien signaalien avulla tapahtuvaan etäisyydenmittaukseen. Mittausten koordinaatisto on yleensä WGS84, joka on laskennan suhteen riittävän yhtenevä EUREF-FIN:n kanssa. (Kaavoitusmittausohje 2003, 11) Staattinen satelliittimittaus on vaihehavaintoihin perustuvaa suhteellista mittauksia, joka on GNSS-mittauksista kaikkein tarkinta. Staattinen mittaus perustuu paikannussignaalin kantoaallon vaiheen havaitsemiseen. Mittauksella määritetään pistevälien kolmiulotteisia koordinaattieroja, joita nimitetään avaruusvektoreiksi. Tämä mahdollistaa sen, että satelliittimittauksia voidaan käyttää kolmiomittaukseen. Staattisessa mittauksessa havainnot kerätään mittausjaksoittain. Mittausjakso on samanaikaisesti havaitsevien vastaanottimien yhteinen vastaanottoaika. (Laurila 2008, 325)

Mittauksiin vaaditaan vähintään kaksi henkilöä ja kolme vastaanotinta. Laajemmissa projekteissa on hyvä olla myös työnjohtaja ja mahdollisesti myös useampi mittausryhmä. Muunnosalueen ominaisuudet tuovat lisäväriä mittaamiseen. Esimerkiksi saaristoalueilla kaluston siirtäminen vaatii erikoisjärjestelyitä ja säätilojen huomioiminen on tärkeää. Mittausten aikana tapahtuu aina muutoksia alkuperäiseen mittaus suunnitelmaan. Pisteitä on usein korvattava sopivammilla työn kuluessa. Laadunvalvonnan on hyvä toimia myös kenttäolosuhteissa: laitteistojen tarkistukset, havaintojen päivittäinen laskeminen uusintamittausten varalta ja hyvän mittausrutiinin muodostaminen saa mittausvirheiden määrän laskemaan.

Kaavoitusmittausohjeen mukaan kiintopisteitä mitattaessa on kirjattava mittautustietoja havaintolomakkeelle. Lomakkeesta on käytävä ilmi pisteen numero, vastaanottimen tiedot, päivämäärä ja kellonajat sekä havaitsija. Nämä lomakkeet tulee liittää mittausten dokumenttiaineistoon. Jokaisen mittauspäivän päätteeksi on hyvä purkaa saadut havaintojaksot vastaanottimesta, tarkastaa data ja ottaa varmuuskopiot. (Maanmittauslaitos 2003, 11-12.)

4.4 Laskenta

4.4.1 Vektoreiden jälkilaskenta

Mittausdatan keräämisen jälkeen suoritetaan jälkilaskenta. Vaihehavaintoihin perustuvassa suhteellisessa mittauksessa etäisyydenmittaus tapahtuu kanta-aallon perusteella ja paikantavan vastaanottimen sijainti määritetään toisen vastaanottimen suhteen. Paikantava satelliittivastaanotin laskee etäisyytensä satelliitteihin kokonaisten aallonpituuksien ja vaihe-eron perusteella. Etäisyysmittaus vaihe-eron perusteella voi tapahtua jopa millimetrin tarkkuudella, mutta satelliittien epätarkasti tunnetut radat ja ilmakehän virhevaikutus aiheuttavat virhettä. Tämän vuoksi tarvitaan vertailuvastaanotin, johon mittauksen vertailukohta siirretään. Paikannuksen havaintosuureet ovat erotushavainnot, jotka muodostetaan yhdistämällä kahden eri ajankohdan, kahden satelliitin tai kahden vastaanottimen havainnot. Erotushavaintojen avulla päästään eroon havainnoissa olevista yhteisistä virheistä. Niiden avulla saadaan selville paikantavan vastaanottimen paikkavektori, eli tarkat koordinaattierot vertailuvastaanottimen suhteen. Jälkilaskennassa yhdistetään paikantavan- ja vertailuvastaanottimen havainnot, mistä tuloksena saadaan mitattujen pisteiden väliset vektorit. (Laurila 2008, 308-311.)

Kaavoitusmittausohjeen mukaan vektoreiden ratkaisu tehdään kunkin ohjelmistovalmistajan ohjeiden mukaisesti, mutta lisäksi ratkaisun luotettavuutta voidaan arvioida tarkastelemalla silmukoiden sulkuvirheitä ja kahteen kertaan havaittujen vektoreiden pituuksia (Kaavoitusmittausohje 2003, 12). Laskentaan kannattaa hyväksyä mukaan ainoastaan fixed-ratkaisut, joissa alkutuntemattomien ratkaisut ovat kokonaislukuina, eli mittaus on saatu alustettua. Lisäksi vektoreiden laatua voidaan arvioida parhaan ja toiseksi parhaan ratkaisun suhdeluvulla, vektoreiden jäännösvirheiden neliöllisellä keskiarvolla, RMS-arvolla ja vektoreiden pituuksien muuttumisella tasoituksessa. (Honkanen 2010, 20-21.)

4.4.2 Vapaa verkko

Jälkilaskennan jälkeen suoritetaan vapaa verkkotasointus. Sen tarkoituksena on paikantaa mittauksen karkeita virheitä ja arvioida satunnaisten virheiden suuruutta. Vapaassa verkossa ei siis vielä tunneta pisteiden tarkkoja koordinaatteja, vaan tarkastellaan verkon geometriaa, joka perustuu ainoastaan tehtyihin havaintoihin. Tässä vaiheessa saadaan selville esimerkiksi virheelliset antennikorkeudet ja keskistysvirheet. (Laurila 2008, 326.) Vapaassa verkossa origo sijoittuu verkon painopisteeseen ja verkon muoto säilyy (Honkanen 2010, 21). Kaavoitusmittausohjeen mukaan vektoreiden tasoitus voidaan tehdä virheyhtälötasointuksena aitona vapaana verkkona tai kiinnittämällä yksi, mahdollisimman lähellä verkon painopistettä sijaitseva lähtöpiste. Vapaan verkon tasoituksen tuloksia, eli vektorihavaintojen yhteensopivuutta arvioidaan jäännösvirheiden ja niiden tilastollisten analyysien perusteella. Lisäksi voidaan jälleen tarkastella silmukoiden sulkuvirheitä. (Kaavoitusmittausohje 2003, 12.) Karkean virheen sisältävät vektorit poistetaan laskennasta ja tasoitus suoritetaan uudelleen. Verkon sisäistä tarkkuutta voidaan havainnollistaa virhe-ellipsien avulla ja saavutettuja tarkkuuksia voidaan verrata tavoitetarkkuuteen. (Piirainen 2009, 23-24.)

4.4.3 Kytkeyty verkko

Vapaan verkkotasointuksen jälkeen suoritetaan kytketyn verkon laskenta, jossa vapaana tasointettu pisteverkko kiinnitetään lähtöpisteisiin. Tuloksena saadaan kolmiulotteiset EUREF-FIN-koordinaatit laskennassa mukana olleille pisteille. Laskenta voidaan suorittaa käyttämällä eri lähtöpisteitä, jolloin voidaan arvioida lähtöpisteiksi parhaiten sopivat pisteet. Voidaan myös suorittaa takaisinlaskenta. Takaisinlaskennassa lähtöpisteiden avulla määritetyt muunnospisteet kiinnitetään ja lähtöpisteitä pidetään uusina pisteinä, minkä jälkeen tarkastellaan lähtöpisteiden arvojen muuttumista suhteessa niiden tunnettuihin koordinaattiarvoihin. (Honkanen 2010, 23) Tasointumuunnoksena voidaan Kaavoitusmittausohjeen mukaan käyttää verkon geometrian säilyttävää 3-parametrasta muunnosta tai lähtöpisteiden kanssa parhaimman yhteensopivuuden aikaansaavaa 4-parametrasta Helmert-muunnosta. Muunnoksen jäännösvirheet kertovat vektoriverkon ja

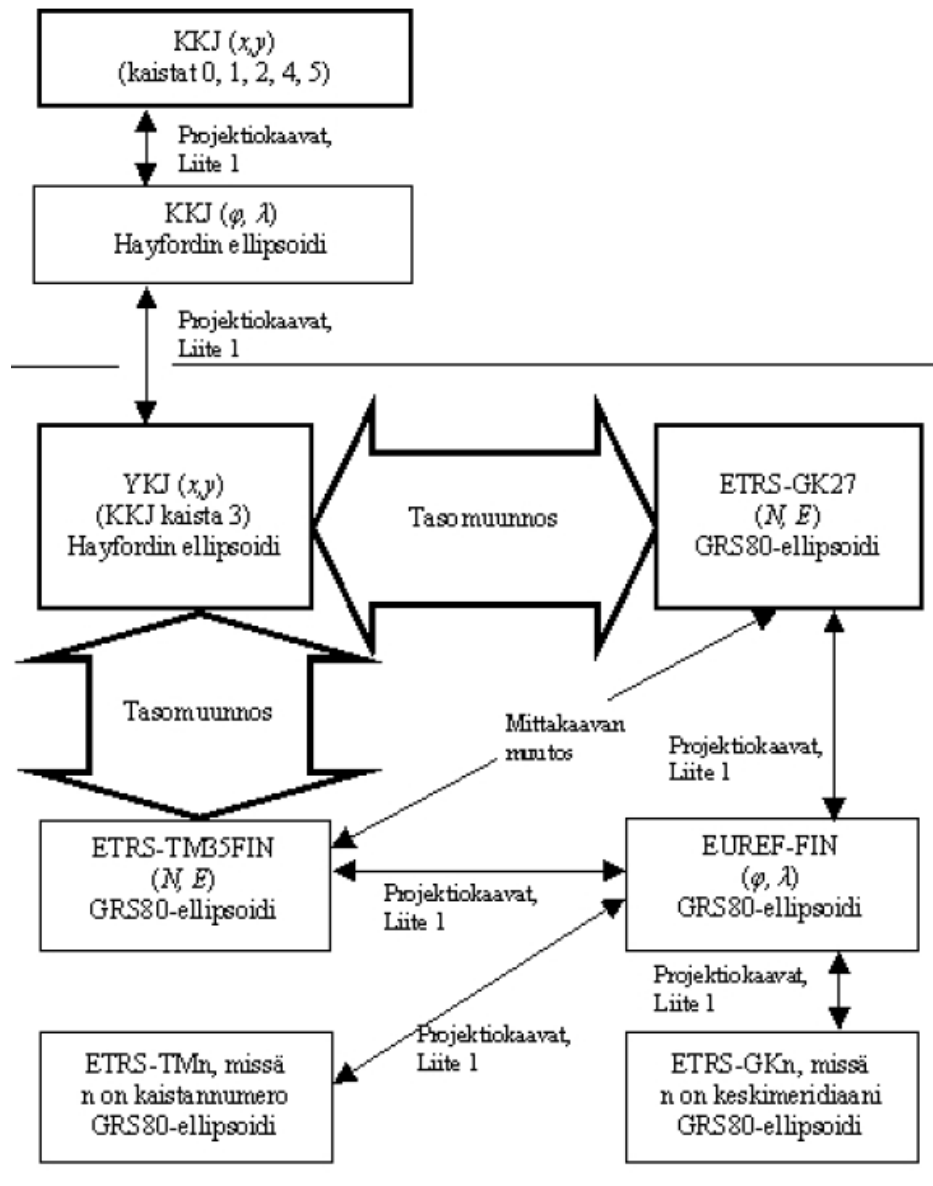
lähtöpisteiden yhteensopivuudesta. Muunnetuille vektoreille lasketaan suhteelliset tarkkuudet, joiden on täytettävä asetetut vaatimukset. Lopuksi verkko muunnetaan haluttuun tasokoordinaatistoon. (Kaavoitusmittausohje 2003, 12.) Verkon pisteiden suhteellista tasotarkkuutta verrataan mittausluokan pisteille annettuihin vaatimuksiin. Laskentojen eri vaiheet tulee raportoida siten, että raporttien perusteella mittauksen laatu ja kaavoitusmittausohjeiden mukaan tapahtunut suoritus voidaan todeta.

4.4.4 Karttaprojektion valinta

Julkisen hallinnon suosituksessa 154 määritellään EUREF-FIN-koordinaatiston kanssa käytettävät karttaprojektiot. Vaihtoehtoina mainitaan valtakunnallisissa töissä käytettäväksi UTM-projektioon perustuva ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatisto ja paikallisissa töissä käytettäväksi Gauss-Krüger-projektioon perustuva ETRS-GKn. Lahden muunnoksessa testattiin eri karttaprojektiovaihtoehtoja tietokanta-aineistojen testimuunnoksella ja tutkimalla eri keskimeridiaanivaihtoehtojen vaikutuksia projektio- ja mittakaavavirheisiin. (Honkanen 2010, 26-29.) Yleensä mittakaavavirheiden osalta parhaaseen lopputulokseen päästään valitsemalla lähin ETRS-GK-keskimeridiaani, kuten JHS 154 suosittelee. Laajoilla alueilla on syytä testata eri projektiovaihtoehtoja.

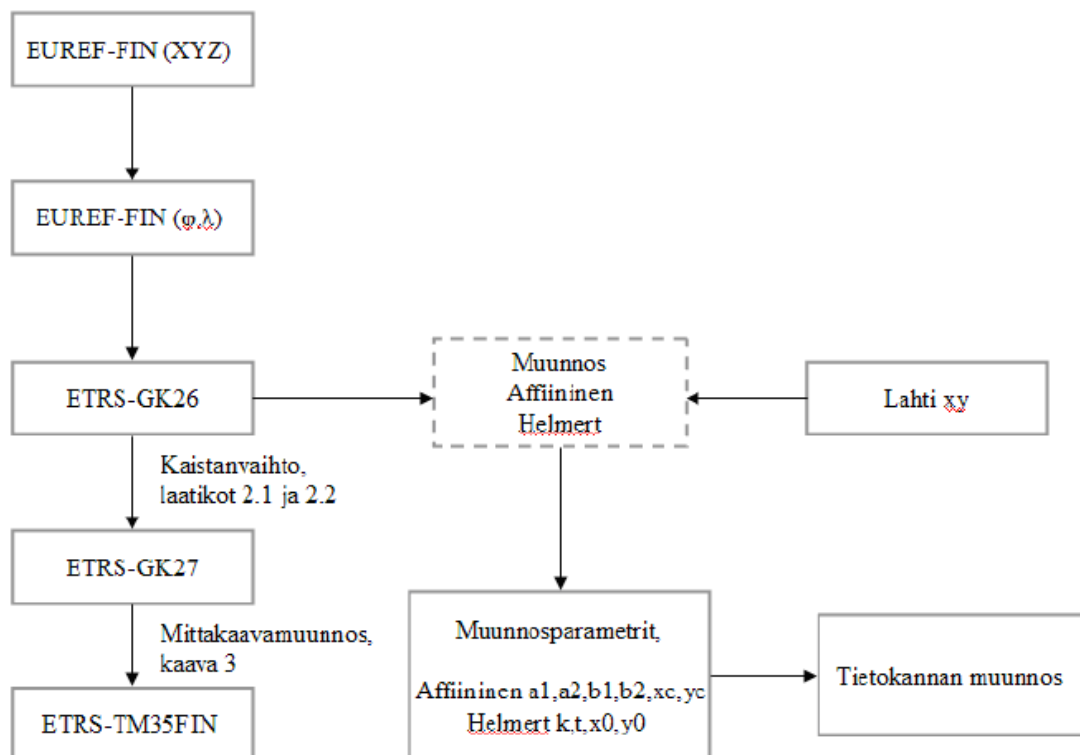
4.4.5 Muunnosparametrit

Ennen kuin voidaan suorittaa muunnos vanhasta tasokoordinaatistosta uuteen, tulee koordinaatistojen olla samassa muodossa. Tämä tarkoittaa sitä, että kummankin järjestelmän koordinaatit esitetään esimerkiksi geodeettisina, suorakulmaisina maakeskinä tai tasolle projisoituina suorakulmaisina koordinaatteina. On huomioitava se, että tasolle projisoitujen koordinaattien keskimeridiaanin on oltava sama, jotta vältetään suurilta jäännösvirheiltä. Koordinaattikonversiolla voidaan muuntaa koordinaattien esitystapaa saman koordinaatiston sisällä ja usein tarvitaankin useita konversioita, jotta koordinaattimuunnos voidaan suorittaa. Tätä kuvataan kuviossa 4 (JHS 154, 11).



KUVIO 4: Muunnokset KKJ-koordinaateista EUREF-FIN-koordinaateiksi (JHS 154, 11)

Esimerkkinä esitetään Lahden muunnoksen läpivieminen kuviossa 5.



KUVIO 5: Lahden muunnoksen kokonaisprosessi (Honkanen 2010, 30).

Muunnosparametrien määrittämiseksi vanhassa koordinaattijärjestelmässä olevalle aineistolle tulee uudessa järjestelmässä tunnettujen pisteiden joukossa olla vähintään neljä vanhassa koordinaatistossa luotettavasti tunnettua pistettä. Eri muunnosvaihtoehtoja vertailee Antti Väättäinen opinnäytetyössään Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi (2010). Väättäinen käsittelee työssään Helmert-muunnosta ja affiinista 2D-muunnosta. Lahdessa muunnos suoritettiin affinisella muunnoksella, jonka tarkkuutta verrattiin Helmert-muunnokseen (Honkanen 2010, 29-20). Muunnoksen valintaan vaikuttavat monet eri seikat, kuten muunnosprojektin lähtötilanne ja käytössä olevat ohjelmistot.

4.4.6 Testaus

Muunnoksen testaaminen on olennainen osa muunnoksen suorittamista. Pelkästään teoreettisen virhetarkastelun perusteella muunnoksen tarkkuutta ei voida luotettavasti arvioida, vaan on suoritettava myös muunlaista tarkkuustestausta. Tarkkuutta voidaan testata sekä maastomittauksilla, että

muunnetussa tietokannassa tehtävillä testauksilla. Virtain kaupungin muunnosvaihtoehtoja testattiin maastomittauksilla, joissa mitattiin 3 kappaletta lähtökoordinaatiston muuttumattomia kolmiopisteitä, samoin kuin ETRS89-pisteitä. Lisäksi mitattiin yksi peruskiintopiste. Pisteiden lähtökoordinaatistossa olleet koordinaatit muunnettiin ETRS-GKn-koordinaateiksi. Samat pisteet mitattiin myös VRS-verkossa RTK-laitteistolla ja tuloksia verrattiin. (Väättäinen 2010, 57-58.) Lahdessa testaus suoritettiin maastomittausten lisäksi muuntamattoman ja muunnetun tietokanta-aineiston pinta-alojen vertailulla. Maastomittaustestauksessa verrattiin maastossa mitattuja ja muunnettuja pisteitä sekä niiden avulla laskettujen pinta-alojen muuttumista. (Honkanen 2010, 34-39.)

4.5 Käyttöönotto

Järjestelmän vaihtumisesta kannattaa tiedottaa julkisesti, jotta eri sidosryhmien kanssa tapahtuva toiminta sujuu ilman suurempia ongelmia. Vanhan järjestelmän mukaista aineistoa tulee olemaan liikkeellä vielä kauan muunnoksen jälkeen, mihin kannattaa varautua. Tiedottamisen voi hoitaa julkisesti artikkeleilla, tiedotteilla ja internetsivuilla. Lisäksi muunnoksesta voidaan järjestää tiedotustilaisuuksia halutuille kohderyhmille, kuten yhteistyöryityksille. Myös postitse lähetettävät tiedotteet ovat toimiva keino saada informaatio kaikille, joita asia koskee.

Tietokannan muuntamisesta uuteen järjestelmään syntyy järjestelmään käyttökato, jonka ajankohta kannattaa suunnitella tarkoin. Muunnosajo, konvertointi ja aineiston läpikäynti vaatii aikaa ja työvoimaa. Vanhasta tietokannasta on hyvä ottaa varmuuskopio siltä varalta, että muunnettaessa tai sen jälkeen ilmenee ongelmia. Vanhan ja uuden karttaprojektion välisen suuntaeron vaikutukset on myös korjattava aineistoon ja karttalehtiin. Asiakirjojen, kuten esimerkiksi toimitus- ja rakennuslupa-asiakirjojen hallinnassa on pohdittava sitä, miten vanhentunut sijaintitieto tuodaan esille ja virhetilanteet voidaan välttää. Lahdessa kyseinen asia pyrittiin hoitamaan tiedottamisen ja aineistojen luovutuksen parissa työskentelevän henkilöstön kouluttamisen avulla. Pisteselityskorttien suhteen toimitettiin siten, että muunnostyön yhteydessä pisteselityskorttien sidosmittakuvaosa muutettiin

sähköiseen muotoon skannaamalla. Pisteiden korkeus- ja koordinaattitiedot saadaan erillisellä listauksella järjestelmästä. (Honkanen 2010, 58-60)

5 ESIMERKKEJÄ SIIRTYMISPROJEKTEISTA

5.1 Maanmittauslaitos

Maanmittauslaitos on Suomessa keskeinen maantieteellisen tiedon tuottaja. Maanmittauslaitos otti ETRS89-järjestelmän käyttöön tuotteissaan ja sovelluksissaan vuonna 2010. KKJ-koordinaatistossa olevia rasteri- ja vektoriaineistoja saa kuitenkin vuoden 2012 loppuun asti ja kysely- ja rajapintapalvelut tukevat myös KKJ:tä. Päätös uuden järjestelmän käyttöön ottamisesta tehtiin jo vuonna 2007, minkä jälkeen perustettiin eri projektit huolehtimaan tarvittavista toimenpiteistä, kuten viestinnästä, koulutuksesta ja tietojärjestelmämuutoksista. Tietojärjestelmät testattiin huolellisesti, jotta ongelmakohdat pystyttiin ennakoimaan. Luvussa 4 kuvailtujen mittauksen tuloksena Suomeen saatiin EUREF-FIN-pisteverkko, joka on sidottu ETRS89-järjestelmään. Pisteverkko mitattiin kokonaisuudessaan uudelleen Geodeettisen laitoksen toimesta vuonna 2006, jotta pystyttiin tutkimaan koordinaatiston mahdollisia muutoksia kymmenen vuoden aikana. (Ollikainen 2009.)

Maanmittauslaitos aloitti vuonna 2006 myös peruskarttauudistuksen, jonka seurauksena uusissa peruskartoissa on kolme eri koordinaatistoa: maantieteelliset EUREF-FIN-koordinaatit sekä ETRS-TM35FIN- ja UTM-kaistojen mukaiset tasokoordinaatit. Maanmittauslaitoksella laskennassa ja maastomittauksessa käytetään ETRS-GKn-koordinaatistoja. Tämän vuoksi laitteiden ja JAKO-järjestelmän ohjelmistoihin ja tiedonsiirtoon oli tehtävä päivityksiä, sillä aikaisemmat versiot eivät tukeneet pidentyneitä koordinaatitilukuja. JAKO-tietojärjestelmän sovellusten karttakäyttöliittymissä ja kartta-aineistoissa (taustakartat, rekisterikartat, ilmakuvat, kuntien kantakartat) käytetään ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa. JAKO:n lisäksi uusi järjestelmä on käytössä kiinteistötietojärjestelmän rekisterinpitosovelluksessa ja selaintietopalvelussa sekä Kansalaisen- ja Ammattilaisen Karttapaidoissa; joskin näissä käyttäjien on edelleen mahdollista käyttää KKJ-koordinaatistoa muunnustoiminnon avulla. (Ollikainen 2009.)

5.2 Lahti

Vuonna 2005 Lahden kaupunki oli Suomessa ensimmäinen, joka siirtyi EUREF-tasokoordinaatistoon. Kokonaisuudessaan projekti vei kaksi vuotta maastomittauksista paikkatietoaineistojen konvertoimiseen. Kaupunki suoritti työt aineistokonversiota lukuun ottamatta omana työnä. Lahdessa oli käytössä ennen muunnosta oma erilliskoordinaatisto, joka perustui 1930-luvulla mitattuun ja myöhemmin eri aikoihin tihennettyyn kolmioverkkoon. Lahti oli aikeissa tiivistää paikkatietoyhteistyötä ympäryskuntiensa (Asikkala, Hollola, Nastola, Orimattila) kanssa, mutta Lahtea lukuun ottamatta muut kunnat olivat KKJ-järjestelmässä. Yhteistyötä suunniteltiin 1990-luvulla, jolloin oli jo tiedossa EUREF-koordinaatiston tuleminen. Niin katsottiin järkevimmäksi odottaa ja siirtyä suoraan uuteen koordinaattijärjestelmään. (Holopainen 2006.)

Maastomittauksia suunniteltiin ja tehtiin vuosina 2003 ja 2004. Mittauksissa kaupungin I-luokan runkopisteille määritettiin EUREF-FIN-koordinaatit ja mittaukset sidottiin Geodeettisen laitoksen FinnRef®-pisteisiin, jotka olivat Metsähovi, Virolahti ja Kivetty. Mittaukset tehtiin staattisella GPS-mittauksella ja jokainen piste sidottiin kaikkiin kolmeen tukiasemaan. Havaintojakson pituus oli seitsemän tuntia, johtuen pitkästä välimatkasta lähtöpisteisiin (100-300km). Tätä perusteltiin sillä, että mittaustulokset olivat tarkempia, kun lähtöpisteet olivat kiinteitä tukiasemia, eivätkä perustuneet maastomittauksiin kolmijalan avulla. (Honkanen 2010, 67.) Näiden I-luokan pisteiden avulla määriteltiin 20:lle IV-luokan pisteelle uudet koordinaatit kahden tunnin havaintojaksoilla (Holopainen 2006).

Koska Lahden runkoverkko oli tasalaatuinen, voitiin koko kunnan alue muuntaa kerralla. Tasokoordinaatistoksi valittiin ETRS-GK26 pienimmän mittakaavakorjauksen vuoksi. Muunnos suoritettiin affiinisella yhdenmuotoisuusmuunnoksella ja luotettavuutta arvioitiin vertaamalla sitä 2-ulotteiseen Helmert-muunnokseen. Muunnosparametrit laskettiin myös valtakunnalliseen ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistoon. Muunnoksen tarkkuutta testattiin pinta-alojen vertailulla sekä maastomittausten – että tietokantavertailun avulla. (Honkanen 2010, 67-68.)

Lahdessa tasokoordinaatiston vaihdoksesta tiedotettiin runsaasti eri vaiheissa. Ensin koottiin tiedote kaupungin internetsivuille, tehtiin ilmoitus paikallisradioon ja laadittiin artikkeli kaupungin Teknisen- ja ympäristötoimen tiedotuslehteen. Tiedottamista tehostettiin vielä kohdennetuilla yritys- ja toimialakohtaisilla tiedotustilaisuuksilla muutama kuukausi ennen uuden järjestelmän käyttöönottoa. Lisäksi pidettiin tiedotustilaisuudet kaupunkikonserniin kuuluville yrityksille ja liikelaitoksille sekä rakennusvalvonnalle ja kunnallistekniikalle. Merkittäville paikallisille insinööritoimistoille ja muille paikkatiedon parissa työskenteleville yrityksille tiedotettiin postitse. Aiheesta pidettiin myös useita esitelmiä alan koulutustilaisuuksissa ja kirjoitettiin artikkeleita maanmittausalan julkaisuihin. Myös tutustumiskäyntejä tarjottiin niistä kiinnostuneille tahoille. (Honkanen 2010, 53.)

Lahden kaupungin tapauksessa vaihdos onnistui esimerkillisen hyvin. Tämän katsotaan olevan huolellisen valmistelun, riittävien mittauksen ja asiaan perehtyneisyyden ansiota. Kaupunki on tyytyväinen siihen, että vaihdos pystyttiin suorittamaan suurimmaksi osaksi omalla työllä, mikä laski kustannuksia ja sai ”opin jäämään omaan kuntaan”. (Holopainen 2006.) Käytössä ei ole myöhemminkään ilmennyt odottamattomia ongelmia (Honkanen 2010, 68).

5.3 Turku

Turussa koordinaattijärjestelmän vaihdos suoritettiin laajana yhteistyöhankkeena. Projektiin kuului 16 Lounais-Suomen kuntaa. Hankkeen käynnisti Turun kaupungin Kiinteistöliikelaitos vuonna 2007 ja se saatiin päätökseen suunnitelmien mukaisesti vuonna 2009. Turun seudun kunnat olivat olleet yhteistyössä muun muassa opaskarttatuotannon suhteen jo vuodesta 1990 ja vuosien myötä yhteistyöalue oli laajentunut. Kuitenkin alueella oli ollut käytössä lukuisia eri koordinaattijärjestelmiä. Uudistuksen myötä sekaannusten katsottiin vähenevän ja satelliittipaikannuksen ja paikkatietojen yhteiskäytön helpottuvan. (Järvinen 2009.)

Projektin suunnittelua varten perustettiin seitsenhenkkinen työryhmä, johon kuuluivat edustajat alueen suurimmista kaupungeista. Työryhmä määritteli projektin tavoitteet, työvaiheet, kilpailutustarpeet, alustavan aikataulun ja ehdotuksen kustannuksien jakamisesta. Projektiin katsottiin parhaaksi hankkia ulkopuolinen valvoja, joka saatiin Geodeettisen laitoksen asiantuntijoiden joukosta. Suunnittelun jälkeen tehtiin tarjouspyyntö mittauskampanjan läpivientiä ja tasokoordinaatisto- ja korkeusjärjestelmien uudistamista koskevalle suunnittelulle. Tarjouspyyntöön tuli yksi vastaus, joka hyväksyttiin. Suunnittelusta vastasi Teknillisen korkeakoulun Maanmittaustieteiden laitos. Suunnitelmassa GPS-verkon lähtökohtana oli se, että jokaisen kunnan alueelta piti löytyä vähintään neljä EUREF-FIN-pistettä muunnoskaavojen laskemista varten. Tihennysverkon lähtöpisteinä käytettiin I- ja II-luokan EUREF-FIN-pisteitä. (Järvinen 2009.) Lisäksi käytettiin Geodeettisen laitoksen pysyvien GPS-asemien FINNREF-verkon pisteitä ja Geotrim Oy:n VRS-verkon pisteitä (Kråknäs 2008). Suunnitelmaa tehtäessä, kevään ja kesän 2008 aikana suoritettiin kuntakohtaisesti mittauksissa käytettävien pisteiden inventointi ja pisteselityskorttien laatiminen (Järvinen 2009).

Myös mittaamisesta ja laskennasta järjestettiin tarjouskilpailu, minkä tuloksena sekä mittaukset - että muunnosparametrien laskennan suoritti staattisella GPS-mittauksella Destia. Tässä vaiheessa päätettiin korkeusjärjestelmän muunnos suorittaa erikseen. (Järvinen 2009.) Mittaustyöt kestivät 22 päivää. Mittausryhmän keskimääräisen työpäivän pituus oli 12 tuntia. Mittauksia oli suoritettava saaristossa ja mantereella. Saaristossa mittaukset veivät 4 päivää ja helikopterilla ja veneellä liikuneessa ryhmässä oli viisi henkilöä, käytössään 18 vastaanotinta. Mantereen mittaukset veivät 18 päivää kolmelta henkilöltä, joilla oli käytössään 12 vastaanotinta. Havaintojaksojen pituudet vaihtelivat vektorin pituudesta riippuen kolmesta kolmeenkymmeneen tuntiin. Mittauksissa EUREF-lähtöpisteitä oli 30 ja laskettavia pisteitä 143. Laskentaohjelmistona oli Trimble Total Control ja muunnostyyppinä Helmert-muunnos. (Hakala 2009.) Mittaushavainnot siirrettiin tietokoneelle aina mittauspäivän päätteeksi, suoritettiin vektorilaskenta ja tehtiin vapaa verkkotasointu.

Mittaustuloksista tehtiin myös varmuuskopio ulkoiselle kovalevylle. (Kråknäs 2008) Tasokoordinaatistoksi valittiin ETRS-GK23-koordinaatisto.

Turussa järjestelmän vaihtumisesta tiedotettiin kaupungin ulkoisilla ja sisäisillä verkkosivuilla. Vanhoja pisteselituskortteja ei ryhdytty uusimaan, vaan uudet koordinaatit on saatavilla karttapalvelusta erillisellä toiminnolla. Uudet runkopisteselituskortit laaditaan uudessa järjestelmässä. Myös karttalehtijako muuttui yhtenäiseksi. Sekaannuksia pyrittiin välttämään ohjeistamalla henkilökuntaa muun muassa nimeämään uudessa järjestelmässä olevat tiedostot siten, että koordinaattijärjestelmä käy ilmi tiedostojen nimistä. (Kottonen 2010.)

6 POHDINTA

Uuteen koordinaattijärjestelmään siirtymisen voi jakaa viiteen vaiheeseen: selvitystyö, suunnitteleminen, mittaaminen, laskenta ja käyttöönotto. Laskennan voi lisäksi jakaa jälkilaskentaan, vapaan verkon tasoitukseen, kytketyn verkon tasoitukseen, karttaprojektion valintaan, tarvittavien muunnosparametrien määrittämiseen ja muunnoksen testaamiseen. Aiheesta tehdyt, viralliset ohjeet ja suositukset liittyvät erillisiin vaiheisiin koko prosessissa. Suomen kansallisen ETRS89-realisaation, EUREF-FIN:n esittelemisen lisäksi pyrin työssäni esittelemään aiheeseen liittyvät keskeiset säädökset. Jaottelin muunnoksen työvaiheet selkeisiin kokonaisuuksiin erilaisista siirtymisprojekteista tehtyjen kirjallisten raporttien, tiedotteiden ja artikkeleiden perusteella. Nostin myös vaiheiden yhteydessä mielestäni hyviä esimerkkejä kunkin vaiheen käytännön suorittamisesta. Lisäksi esittelin yleisesti kolme esimerkkiä läpiviedystä muunnosprojektista. Tarkoitukseni oli käsitellä uuteen koordinaattijärjestelmään siirtymistä Suomessa yleisellä tasolla, jotta kokonaiskäsityksen muodostaminen olisi helpompaa.

ETRS89-järjestelmään siirtyminen on Suomessa suhteellisen hyvällä alulla. Kuten jo monissa aiheesta laadituissa opinnäytetöissä on pohdittu, uuden koordinaattijärjestelmän käyttöön ottamisesta ei ole olemassa tarpeeksi yhtenäistä ja kattavaa ohjeistusta. Toisaalta siirtyminen uuteen järjestelmään tapahtuu usein laajoina yhteistyöhankkeina, jolloin konsultteja käytetään yleisesti kaikissa muunnoksen vaiheissa. Näin osaaminen on konsulteilla, joilta muunnokseen liittyvät työt käyvätkin kätevästi. Kunnissa varmasti hyödyttäisiin muunnoksessa saadusta osaamisesta, mutta usein henkilöstöresurssit ovat riittämättömät. Kuntien osuus liittyy lähinnä muunnosta edeltäviin ja sen jälkeen tuleviin tehtäviin, kuten selvitystyöhön ja käyttöönottoon.

Kaikilla koordinaattitietojen parissa työskentelevillä henkilöillä pitäisi olla yleinen tietämys muunnoshankkeesta, sen vaatimista toimenpiteistä ja seurauksista. Näin ollen teknisen toteuttamisen ohjeistuksen sijasta kannattaisikin ehkä panostaa lyhyehköjen ja käytännönläheisten ohjeiden laatimiseen esimerkiksi muunnoksesta tiedottamisen ja koulutuksen

tärkeydestä. Tein itse koemielessä nopean kartoituksen kaikkien Suomen kuntien internet-sivuilta: kuinka moni on millään tavalla julkisesti ilmoittanut, jos on ottanut käyttöön uuden koordinaattijärjestelmän. Tuloksena oli, että noin sadassa Suomen 336 kunnasta muunnos oli joko suoritettu, tai ainakin tehty selvityksiä asiaan liittyen. Osa isoistakin kaupungeista oli tietävästi suorittanut vaihdoksen, mutta tiedottaminen oli jäänyt lähes kokonaan. Ilmeisesti sisäiseen tiedottamiseen panostetaan, mutta ulkoinen saattaa jäädä.

Niissä harvoissa raporteissa, joissa käsiteltiin koordinaattijärjestelmän vaihtoa kokonaisuudessaan, ei muunnoksessa ollut jouduttu suurempiin ongelmiin. Olennaisimpina onnistumisen takeina pidettiin perehtyneisyyttä ja suunnitelmallisuutta. Muunnostyöt onnistuivat aikataulussa ja sujuvasti myös ilman konsulttiapua, mistä voidaan todeta, että kunnat voisivat säästää huomattavasti tekemällä enemmän muunnostöitä omana työnään. Mikäli hankkeen vaativuudesta olisi saatavilla luotettavaa ja yleispätevää tietoa, saattaisivat kunnat rohkaistua käyttämään myös omaa osaamistaan muunnoksen toteuttamiseen. Resursseja ei välttämättä osata ohjata heti alussa kaikkiin vaativiin kohtiin, kuten esimerkiksi aineiston muuntamiseen ja testaamiseen. Varsinkin laajemmissa yhteistyöhankkeissa kannattaisi ehdottomasti ottaa yhteyttä heti alkuvaiheessa asiantuntijoihin, jotka voisivat antaa oman mielipiteensä kunnan tai kuntaliittymän tilanteesta.

LÄHTEET

- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY. Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta. Osoitteessa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:FI:PDF>. 17.01.2011.
- Hakala, J. 2009. Turun seudun GPS-projekti. Luentomateriaali Tampereen seutukunnan maanmittauspäiviltä Ikaalisissa 25.-26.3.2009. Osoitteessa: <http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/i-kaalinen09/hakala.pdf>. 11.2.2011.
- Holopainen, A. 2006. Turun seutu saa uuden koordinaattijärjestelmän. Positio 2/2009, 6-8.
- Honkanen, P. 2010. Lahden kaupungin taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtaminen EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Maanmittausosasto.
- Häkli, P. - Puupponen, J. - Koivula, H. - Poutanen, M. 2009. Suomen geodeettiset koordinaatit ja niiden väliset muunnokset. Suomen Geodeettisen laitoksen tiedotteet 30.
- International Organization for Standardization 2011. Osoitteessa <http://www.iso.org/iso/home.html>. 19.01.2011.
- JHS-työryhmä 2010. JHS xxx: GNSS-mittaus EUREF-FIN-koordinaatistossa. Hankesuunnitelma v.0.3. JUHTA – julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. Osoitteessa: http://www.jhs-suositukset.fi/c/document_library/get_file?uuid=2010a39d-ecb0-466d-bc72-e48d9a27f5db&groupId=14. 12.1.2011.
- JUHTA 2006a. JHS 153: ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. Julkisen hallinnon suositus. JUHTA – julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs153>. 25.11.2010.
- JUHTA 2006b. JHS 154: ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijako. Julkisen hallinnon suositus. JUHTA – julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. Osoitteessa <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>. 25.11.2010.
- Järvinen, J. 2009. Turun seutu saa uuden koordinaattijärjestelmän. Positio 2/2009, 6-8.

- Korhonen, V. 2008. Nurmeksen kaupungin siirtyminen EUREF-FIN-koordinaatistoon – Esiselvitys. Insinöörityö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Maanmittaustekniikan koulutusohjelma.
- Kottonen, H. 2010. Turun kaupungin maastomittauspalvelut ja koordinaattijärjestelmän vaihto käytännössä. Luentomateriaali Tampereen seutukunnan maanmittauspäiviltä Ikaalisissa 17.-18.3.2010. Osoitteessa: <http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/i-kaalinen10/kottonen1.pdf>. 13.2.2011.
- Kråknäs, P. 2008. Turun seudun yhtenäisten koordinaatistojen GPS-runkomittaus. Maankäyttö 4/2008, 40-42.
- Kyllönen, T. 2010. Savonlinnan runkoverkon homogeenisuus. Insinöörityö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Maanmittaustekniikan koulutusohjelma.
- Laurila, P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 10/2004. Kansallinen paikkatietostrategia 2005-2010. Osoitteessa http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/5g7eJHCp3/Kansallinen_paikkatietostrategia2005_2010%5B1.pdf. 17.01.2011.
- Maanmittauslaitos 2003. Kaavoitusmittausohjeet. Maanmittauslaitoksen julkaisu n:o 94. Maanmittauslaitoksen karttapaino, Helsinki.
- Ollikainen, M. 2009. Hyvästi KKJ – Maanmittauslaitos siirtyy uuteen koordinaattijärjestelmään. Positio 4/2009, 12-15.
- Ollikainen, M. – Koivula, H. - Poutanen, M. 2001. EUREF-FIN-koordinaatisto ja EUREF-pistetihennykset Suomessa. Suomen Geodeettisen laitoksen tiedotteet 24. Suomen Geodeettinen laitos.
- Piirainen, T. 2009. Keravan kaupungin runkopisteverkon saneeraus. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Maanmittaustekniikan koulutusohjelma.
- Poutanen, M - Jokela, J – Ollikainen, M. 2000-2003. Geodetic Operations in Finland 2000-2003. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisu. Suomen Geodeettinen laitos.
- Puupponen, J. 2008. Tunnetko koordinaattimuunnokset?. Positio 1/2008, 27-29.

- Rönnholm, P. 2009. Kiertomatriisi. Erikoistyö. Aalto-yliopisto: Insinööriteiden korkeakoulu: Maanmittaustieteiden laitos. Osoitteessa <http://foto.hut.fi/opetus/julkaisut/pronnhol/kiertomatriisi.pdf>.
- Sanastokeskus TSK Ry 2005. Geoinformatiikan sanasto. Osoitteessa <http://www.tsk.fi/fi/info/GeoinformatiikanSanasto.pdf>. 19.01.2011.
- Suomen Valtioneuvosto 2009a. Asetus paikkatietoinfrastruktuurista 725/2009. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090725>. 16.01.2011.
- Suomen Valtioneuvosto 2009b. Laki paikkatietoinfrastruktuurista 421/2009. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090421>. 16.01.2011.
- Suomen Valtiovarainministeriö 2011. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. Osoitteessa http://www.vm.fi/vm/fi/13_hallinnon_kehittaminen/05_it_toiminta/03_juhta/index.jsp. 17.01.2011.
- Tätilä, P. 2008. Suomen kolmiomittauksista – Struvesta satelliitteihin. Maankäyttö 2/2008, 32-34.
- Väätäinen, A. 2010. Virtain kaupungin muunnosvaihtoehdot EUREF-FIN- ja N2000-järjestelmiin siirtymiseksi. Insinööristyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Maanmittaustekniikan koulutusohjelma.

